

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
FAKULTA TEXTILNÍ
KATEDRA ODĚVNICTVÍ



DIPLOMOVÁ PRÁCE

LIBEREC 2012

Dominik Samuel Bagin

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
FAKULTA TEXTILNÍ



Studijní program: M3106 Textilní inženýrství

Studijní obor: Oděvní technologie

OCHRANNÉ PROFESNÍ ODĚVY
DO PROSTŘEDÍ S NEBEZPEČÍM VÝSKYTU
RADIOAKTIVITY

*Professional protective clothing in the environment with
the danger of radioactivity*

Dominik Samuel Bagin

KOD/2012/06/22/MS

Vedoucí diplomové práce: Ing. Zuzana Fléglová

Katedra oděvnictví

Konzultant diplomové práce: Ing. Jiří Chvojka

Katedra netkaných textilií

Rozsah práce:

Počet stran textu... 74

Počet obrázků..... 37

Počet tabulek..... 7

Počet stran příloh . 10

Originální zadání diplomové práce

Prohlášení

Byl jsem seznámen s tím, že na mou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé diplomové práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li diplomovou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Diplomovou práci jsem vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím diplomové práce a konzultantem.

Datum

Podpis

Poděkování

Na tomto místě bych chtěl poděkovat Ing. Zuzaně Fléglové, za odborné vedení mé diplomové práce. Velmi též děkuji Ing. Jiřímu Chvojkovi za odborné vedení konzultace. Dále bych chtěl poděkovat Ing. Janu Grégrovi a Mgr. Martinu Slavíkovi Ph.D z katedry chemie TU Liberec, RNDr. Lence Thinové ČVUT v Praze, Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská za spolupráci testování vzorků pro experiment, za jejich pomoc, informace a čas, kteří mi poskytli při vypracování diplomové práce.

Mé poděkování patří též rodině, přátelům za jejich psychickou podporu po celou dobu mého studia.

Klíčové slova

Česky:

ochranné oděvy

radioaktivní záření

jaderná elektrárna

termofyziologické vlastnosti

nanovláknna

Anglicky:

protective clothing

radioactive radiation

nuclear power

thermophysiological properties

nanofibers

Anotace

Práce se zabývá testováním a vylepšením oděvu do radioaktivního prostředí. V rešeršní části budou zhodnoceny termofyziologické vlastnosti dostupných materiálů. Experimentální část je zaměřena na fyziologické vlastnosti a na tvorbu indikátorů, tzv. nanoindikátorů, které mají za úkol nahradit elektrický dozimetr, již měří gama záření. V závěru práce jsou uvedeny porovnání typů vytvořených nanoindikátorů.

Annotation

This diploma thesis deals with testing and improving clothing for radioactive environments. The search part will be reviewed the thermophysiological properties of available materials. The experimental part is focused on the physiological properties and the creation of the indicators, called nanoindicators, which are designed to replace the electric dosimeter, has measured gamma radiation. In the conclusion of this thesis are presented comparing types created nanoindicators.

Obsah

1	Úvod.....	12
2	Definice radioaktivity	13
2.1	Druhy radioaktivního záření	13
3	Volné radikály.....	14
3.1	Čas	15
3.2	Vzdálenost	15
3.3	Stínění.....	15
4	Vývoj sortimentu ochranných oděvů v radioaktivním prostředí	16
5	Normy pro ochranné oděvy proti kontaminaci radioaktivními částicemi	20
5.1	Definice dle norem ČSN EN 1073-1, 2 (832832)	20
5.1.1	Ochranný oděv	20
5.1.2	Ventilovaný ochranný oděv	20
5.1.3	Kontaminace radioaktivními částicemi	21
5.2	Požadavky na ochranné oděvy dle normy ČSN EN 1073-1, 2 (832832)	21
5.2.1	Praktické zkoušky nošením	23
5.3	Wolframová ochranná vesta doplněná robotickým zařízením HAL	24
5.4	Přelomový typ radiační ochrany Demron.....	25
5.5	Bezpečnost a ochrana zdraví při práci a osobní ochranné prostředky.....	26
5.6	Osobní ochranné pracovní prostředky.....	26
5.7	Rozdělení osobních ochranných prostředků.....	27
5.8	Osobní ochranné prostředky a jejich použití	28
5.8.1	Použití ochranných oděvů.....	28
5.8.2	Použití ochranné obuvi	28
5.8.3	Použití ochranných rukavic	29
5.8.4	Použití ochranných přileb	29
5.8.5	Použití ochranných masek, respirátoru a dýchacích přístrojů	30
5.8.6	Použití ochranných prostředků v kontrolovaném pásmu JE.....	30
5.8.7	Svlékání doplňkových OOPP	32
5.8.8	Radiační nehody a havárie	32
6	Metody hodnocení ochranných vlastností	33
6.1	ČSN EN 530	33
6.2	ČSN EN ISO 13934- 1	33
6.3	ČSN EN 863	34
6.4	ČSN EN ISO 13938-2	35
6.5	ČSN EN ISO 13937-1	35
6.6	ČSN EN ISO 13982-1	36
7	Radiační limity pro kontrolované pásmo v JE.....	37
8	Ochranné oděvy dostupné na trhu	38
8.1	Modely 4520, 4540 a 4560 od firmy 3M Česko, spol. s.r.o.	38
8.2	Modely Tyvek® Dual, Tyvek® Classic Plus s ponožkami a Tychem® C2 od firmy DuPont Personal Protection (Europe).....	40
8.2.1	Tyvek® Dual	40
8.2.2	Tyvek® Classic Plus s ponožkami	41
	Tychem® C2.....	44
8.3	Model MicroMAX NS od firmy Lakeland Industries, Inc.....	45
8.4	Model KLEENGUARD® A40 od firmy Kimberly-Clark Professional*	45
9	Komfort textilií	47
9.1	Termofyziologický komfort	47

9.2	Senzorický komfort	48
9.3	Tepelná vodivost	48
9.4	Propustnost vzduchu	48
9.5	Propustnost vodní páry	49
10	Historie nanovláken	50
10.1	Definice nanovláken	50
10.2	Aplikace nanovláken	51
10.3	Výrobní technologie nanovláken	52
10.4	Dozimetry	53
	Experimentální část	54
11	Hodnocení fyziologického komfortu	54
11.1	Měření výparného odporu pomocí přístroje PERMETEST	54
11.2	Měření propustnosti textilií pro vzduch pomocí přístroje TEXTTEST FX 3300	56
11.3	Měření pomocí přístroje Alambeta	58
12	Vyhodnocení výsledků a měření	59
12.1	Popis vzorků materiálu	59
12.2	Hodnocení vzorků na přístroji PERMETEST	62
12.3	Hodnocení vzorků na přístroji TEXTTEST FX 3300	65
12.4	Hodnocení vzorků na přístroji Alambeta	65
12.5	Hodnocení termofyziologických vlastností obou materiálů	67
13	Vyhodnocení dotazníku na komfort ochranného oděvu do prostředí s nebezpečím výskytu radioaktivity	68
13.1	Profil respondentů	68
13.2	Spokojenost s používaným typem ochranného oděvu	68
13.3	Pohodlnost daného oděvu při oblékání a svlékání	69
13.4	Komfort ochranného oděvu z hlediska tepelně-izolačních vlastností	69
13.5	Komfort ochranného oděvu z hlediska pohyblivosti při práci	70
13.6	Prodyšnost ochranného oděvu TYVEK	71
13.7	Pohodlnost ochranného oděvu z hlediska osobního komfortu	71
13.8	Hodnocení senzorických vlastností	72
13.9	Bezpečnost pracovníků v ochranném oděvu TYVEK	72
13.10	Hodnocení pracovních rukavic	73
13.11	Hodnocení ochranné masky	74
14	Návrh aplikací textilních pásek z nanomateriálů pro zlepšení bezpečnosti práce pracovníka v radioaktivním prostředí	75
14.1	Zjišťování hustoty zkoumané kapaliny pomocí pyknometrické metody	76
14.2	Příprava polymerních roztoků k elektrostatickému zvlákňování	78
14.3	Ozáření vzorků na testovacím radionuklidovém zářiči	81
15	Závěr	84
	Použitá literatura	86
	Seznam obrázků	93
	Seznam grafů	94
	Seznam tabulek	95

Seznam symbolů

ACT	Advanced Composite Technology (pokročilé kompozitní technologie)
Ac	Aceton (dimethylketon)
BAPP	Budova aktivního pomocného provozu
BOZP	Bezpečnost a ochrana zdraví při práci
CE	Shoda výrobku s příslušnými požadavky Společenství uloženými výrobci
CRE	Stroj typu CRE
Chl	Chloroform
ČR	Česká republika
ČSN	České technické normy
Dt	Dithizon
EDU	Elektrárna v Dukovanech
EN	Evropská norma
ETE	Elektrárna v Temelíně
Eth	Ethanol
g	Gram
HAL	Hybrid assistive limb (hybridní pomocná končetina)
HDPE	High density polyetylene (vysoce hustotní polyetylén)
HVB	Hlavní výrobní blok
ISO	Mezinárodní organizace pro standardizaci
ISO	International Organization for Standardization
JE	Jaderná elektrárna
KP	Kontaminované prostředí

Ochranné profesní oděvy do prostředí s nebezpečím výskytu radioaktivity

m	Metr
Mč	Methyl červen
mg	Miligram
ml	Mililitr
MPF	Mikroporézní fólie
OOP	Osobní ochranné prostředky
OOPP	Osobní ochranné pracovní prostředky
PCI	Polykaprolakton
PE	Polyester
PVC	Polyvinylchlorid
RA	Radioaktivní
SVJP	Sklad vyhořelého jaderného paliva
VN	Vysoké napětí
\bar{x}	Průměr
°C	Stupeň Celsia

Seznam zkratk

apod.	A podobně
atd.	A tak dále
č.	Číslo
obr.	Obrázek
tj.	To je
viz.	Vidět
tzn.	To znamená

1 Úvod

Objev přirozené radioaktivity v roce 1896 byl prvním zatím ještě nerozluštěným signálem ze světa atomových jader a znamenal pro fyziky velké překvapení. Překvapující bylo to, odkud se bere značná část energie trvale vyzařovaná radioaktivní látkou, a také to, že přeměna jednoho prvku v prvek druhý, o níž marně usilovali alchymisté po celá staletí, probíhá v přírodě zcela samovolně [9].

Toto překvapení však nebylo zcela milé a příjemné, ale neslo sebou, jak se později ukázalo, i rizika, kterými jsou nemoc z ozáření, akutní radiační syndrom anebo také otrava radiací. Lidé se začali radioaktivity obávat a vymýšleli způsoby, jak by se před ní ochránili. V dnešní době se tyto obavy až fanatizují ve spojitosti s událostmi v japonské Fukušimě.

V teoretické části této práci jsou především prezentovány výrobky čtyř firem vyrábějících ochranné oděvy do prostředí s výskytem radioaktivních částic. Tyto oděvy jsou schopny zcela ochránit lidské tělo před účinky α a β částic. Bohužel před vysoce energetickým elektromagnetickým zářením γ zůstává jedinou ochranou silná vrstva betonu a olověné stěny, které nalezneme například v protiatomových krytech.

Pro pracovníky nosící ochranné oděvy je také velmi důležitá jejich komfortnost, a to hlavně prodyšnost a paropropustnost. Právě těmito vlastnostem ochranných oděvů je věnována experimentální část.

Cílem experimentální práce bude zkoumání termofyziologických vlastností materiálů, které se používají pro výrobu ochranného oděvu jaderných elektráren Temelín, Dukovany a Jaslovské Bohunice. Testování vzorků materiálů používaných pro výrobu ochranných oděvů proti radioaktivnímu prachu bylo provedeno na přístrojích Permetest, Alambeta a TexTest FX 3 300. Přínosem této práce je vypracovat návrh aplikací textilních pásků z nanomateriálů pro zlepšení bezpečnosti práce pracovníka v radioaktivním prostředí.

2 Definice radioaktivity

Radioaktivita je schopnost atomu (přesněji atomového jádra) přeměnit se na jiný atom vysláním radioaktivního záření [1].

V případě, že při radioaktivní přeměně vznikne rovněž prvek radioaktivní (tj. nestabilní), dochází k jeho další přeměně. Tak se postupně výchozí prvek přeměňuje v celou řadu radioaktivních prvků, až konečným členem této radioaktivní řady je stabilní prvek (přesněji prvek se stabilním atomovým jádrem) [1].

2.1 Druhy radioaktivního záření

Alfa (α) – proud alfa částic. Jako částice alfa se v částicové fyzice označuje jádro helia. Jde vlastně o atom helia, z něhož byl odstraněn elektronový obal. Vzhledem k velikosti částic alfa záření jde o nejslabší druh jaderného záření, který může být zastíněn i listem papíru. Alfa částice se pohybují poměrně pomalu a mají malou pronikavost [1].

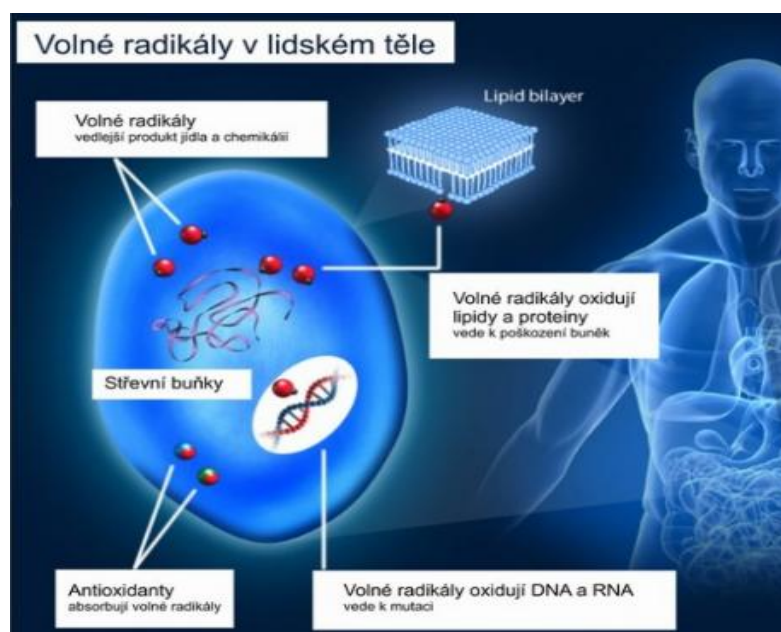
Beta (β) – Záření beta jsou částice, které jsou vysílány radioaktivními jádry prvků při beta rozpadu. Pohybují se velmi rychle. Nesou kladný nebo záporný elektrický náboj a jejich pohyb může být tedy ovlivňován elektrickým polem. Částice beta jsou elektrony nebo pozitrony (kladně nabité elektrony). Jejich pronikavost je větší než u alfa částic, mohou pronikat materiály s nízkou hustotou nebo malou tloušťkou. K jejich zastavení stačí vrstva vzduchu silná 1 m nebo kovu o šířce 1 mm [1].

Gama (γ) - Záření gama je vysoce energetické elektromagnetické záření vznikající při radioaktivních a jiných jaderných a subjaderných dějích. Do materiálů proniká lépe než záření alfa nebo záření beta, která jsou korpuskulární (ani jedno není elektromagnetické záření). Gama záření často vzniká spolu s alfa či beta zářením při radioaktivním rozpadu jader. Způsobuje podobná poškození jako rentgenové záření: popáleniny, rakovinu a genové mutace [1].

3 Volné radikály

Jedním ze základních chemických jevů při ozáření látek, zvláště látek obsahujících vodu a složitější sloučeniny, je tvorba volných radikálů [2].

Volné radikály jsou takové atomy a molekuly, které mají na poslední orbitě elektronového obalu jeden nebo více nespárovaných elektronů. Takový atom, či molekula je pak značně nestabilní a reaktivní. Snaží se dostat do rovnovážného stavu tím, že získá z okolních molekul jiný elektron "do páru". Při této reakci se může molekula, která elektron ztratila, stát novým radikálem. Volné reaktivní radikály svými oxidačními a redukčními účinky jsou schopny štěpit různé druhy vnitřních molekulových vazeb v biomolekulách a degradovat tak jejich chemickou strukturu, jak ukazuje *Obr. 1*, nutnou pro příslušné biologické funkce [2].



Obr. 1: Volné radikály v lidském těle [16]

Základní způsoby ochrany před zářením

Obdržená dávka záření je určena několika základními faktory:

- radioaktivitou, s níž je pracováno,
- druhem a energií emitovaného záření,
- dobou expozice a geometrickými podmínkami (vzdálenost, stínění) [3].

3.1 Čas

Obdržená dávka je přímo úměrná době expozice, takže není vhodné se zbytečně dlouho zdržovat v prostoru s ionizujícím zářením a práce s radioaktivními látkami je třeba promyšleně připravit a provádět je pokud možno rychle [3].

3.2 Vzdálenost

Intenzita záření a tím i dávkový příkon jsou nepřímo úměrné druhé mocnině vzdálenosti od zdroje záření (přesně platí pro bodový zdroj). Je proto třeba se zdržovat co nejdále od zdrojů záření (tedy i od pacientů s aplikovanou aktivitou), při práci se zářiči je užitečné držet je co nejdále od těla a příp. používat vhodné manipulátory, pinzety apod. [3].

3.3 Stínění

Velmi efektivní ochranou je odstínění záření vhodným absorbujícím materiálem. Pro záření gama jsou to materiály s velkou měrnou hmotností – především olovo, ze stavebních materiálů pak beton s příp. příměsí barytu apod. Používají se olověné kontejnery pro přepravu a skladování zářičů, zástěny z olověného plechu, tvarované olověné cihly atd. [3].

Tloušťka potřebného stínění závisí na hustotě (a nukleonovém čísle) stínícího materiálu, na energii záření γ a na požadovaném zeslabení. K odstínění záření β stačí lehké materiály (jako je plexisklo), nejlépe v kombinaci s následnou tenkou vrstvou olova k odstínění brzděného elektromagnetického záření [3].

4 Vývoj sortimentu ochranných oděvů v radioaktivním prostředí

V úvodu stojí za zmínku o významném fyzikovi Pierre Curie, který v roce 1896 za pomoci své ženy položil základ pro následující výzkum radioaktivního zařízení [32].

Dalším významným datem je rok 1954, který hovoří o vzniku ochranného obleku z PVC viz. *Obr. 2*. Toho času byl používán k ochraně pracovníků, kteří byli v přímém kontaktu s radioaktivním prachem a částicemi. Problém plastového obleku spočíval vždy v jeho přehřátí a mobilitě. Všechny švy na oděvu jsou elektronicky svařené, aby se zabezpečilo úniku vzduchu. Horní část se skládá ze saka a kapuce, dolní je kombinována s nohavicemi a galošemi. Obě tyto části jsou spojené společně dvojpalcovým širokým pásem [31].



Obr. 2: Oblek používán na ochranu před radioaktivním prachem a částicím [31]

Brzy na to se pro Velkou Británii stal osudným rok 1957. Jaderní hasiči, pracovníci v ochranných oděvech, řešili tragický požár v grófstve Cumbria. Anti-nukleární demonstranti, muži v bílých ochranných oděvech ukázaný na *Obr. 3*, se pokoušeli upozornit na zdravotní rizika. Bylo řečeno, že tento ochranný oděv by neměl být povolen, kvůli výskytu velmi vysoké radioaktivity [33].



Obr. 3: Jaderní hasiči v ochranných oděvech [33]

Další ochranný oděv zvaný SOO-COO viz. *Obr. 4* slouží jako ochrana povrchu těla před účinky radioaktivních a biologických látek, při práci v kontaminovaných prostorech. Ochranná kombinéza je vyrobena z pogumovaného polyamidového textilu. Je doplněn dýchacím přístrojem ve spojení s ochranou maskou, který se nosí přes ochranný oděv [30].



Obr. 4: Speciální ochranný oděv SOO-COO [30]

Moderní ochranný oděv OPCH - 90 PO viz. *Obr. 5*, který byl vyvinut v roce 1999, je plně vzduchotěsně uzavřený, přetlakový, zabezpečující vysoký stupeň ochrany proti životu v nebezpečném prostředí. Je určen pro kompletaci s dýchacím přístrojem a maskou, nošené pod oděvem.

Použití oděvu je směřováno pro: jaderné elektrárny pro údržbu a opravu zařízení, útvary požární ochrany a záchranáře, u protichemické jednotky armády ČR.

Jednodílná kombinéza s kapucí je konstrukčně řešená tak, aby umožňovala použití tlakových lahví různých typů dýchacích přístrojů uvnitř obleku, který je uzavírán podélně zabudovaným plynotěsným zdrhovadlem. Nohavice jsou opatřeny vnější manžetou pro přetažení přes ochranné holínky. Ochranné rukavice anatomického tvaru

Ochranné profesní oděvy do prostředí s nebezpečím výskytu radioaktivity

se nasazují na podvlékačí textilní rukavice a s rukávem jsou vzduchotěsně spojeny rozebíratelným způsobem [35].



Obr. 5: Ochranný oděv OPCH - 90 PO [35]

V neposlední řadě by se nemělo opomenout na ochranný oděv ALF RI-100-200 Orri, na *Obr. 6*, který slouží pro jaderné hasiče. Ti se potýkají s nebezpečnou radioaktivitou v průběhu záchranné činnosti, proto musí oděv poskytovat dostatečnou ochranu

Základní materiály:

- základní tkanina: Oxford tkanina VINYLON,
- povrchová úprava: zlatá barva HYPARON s gumovým povrchem pro snadné čištění.

Z bezpečnostních důvodů se doporučuje jako kombinéza používat typ vnitřního obleku Tyvek [35].



Obr. 6: Speciální ochranný oděv proti radioaktivní kontaminaci alfa a beta záření [35]

Ochranné profesní oděvy do prostředí s nebezpečím výskytu radioaktivity

Univerzita Tsukuba přichází s novým moderním ochranným robotickým oblekem s názvem HAL (hybrid assistive limb – hybridní pomocná končetina) viz *Obr. 7*, který slouží k ochraně proti záření. Tento oděv umožňuje předvídat a podporovat jeho nositeli pohyb těla pomocí senzorů, sledované pomocí elektrických signálů poslané do mozku a následně do svalů.

Oblek HAL obsahuje vnitřní vrstvu Tyvek, který poskytuje ochranou bariéru mezi radioaktivními látkami a tělem. Ochranný oblek Tyvek není schopen blokovat záření, oproti tomu vesta z wolframu je schopna zabezpečit tělo před samotným zářením. Její nevýhodou je její vysoká hmotnost (60kg), proto je využit robotický systém HAL. Tento oblek chrání tělo ve vysoce nebezpečném prostředí [34].



Obr. 7: Oblek robota Hal s anti- radiační vestou [34]

5 Normy pro ochranné oděvy proti kontaminaci radioaktivními částicemi

Pro ochranné oděvy proti radioaktivním částicím platí následující normy EN 1073-1 a EN 1073-2. Tyto evropské normy stanovují požadavky a zkušební metody pro ochranné oděvy, chránící uživatele proti kontaminaci radioaktivními částicemi. Tyto evropské normy se nevztahují na ochranu proti ionizujícímu záření a na ochranu pacientů proti kontaminaci radioaktivními látkami při diagnostických anebo terapeutických postupech [4, 8].

Norma ČSN EN 1073-1 (832832) se zabývá ochrannými oděvy proti radioaktivní kontaminaci. První část této normy je zaměřena na požadavky a zkušební metody pro ochranné oděvy s nucenou ventilací proti kontaminaci radioaktivními částicemi [5, 8].

Norma ČSN EN 1073-2 (832832) se zabývá ochrannými oděvy proti radioaktivní kontaminaci. Druhá část této normy je zaměřena na požadavky a zkušební metody pro ochranné oděvy bez nucené ventilace proti kontaminaci radioaktivními částicemi [5, 8].

5.1 Definice dle norem ČSN EN 1073-1, 2 (832832)

5.1.1 Ochranný oděv

Ochranný oděv proti radioaktivní kontaminaci je takový oděv, který zajišťuje ochranu pokožky, a pokud je požadováno, i dýchacích orgánů před radioaktivní kontaminací [8].

5.1.2 Ventilovaný ochranný oděv

Ventilovaný ochranný oděv proti kontaminaci radioaktivními částicemi je takový oděv, který zajišťuje dodávku dýchatelného vzduchu za účelem větrání vnitřního prostoru a dosažení přetlaku. Tento ochranný oděv poskytuje ochranu dýchacích orgánů a celého těla před kontaminací radioaktivními částicemi [8].

5.1.3 Kontaminace radioaktivními částicemi

Kontaminace radioaktivními částicemi je přítomnost radioaktivních látek v materiálu, nebo na materiálu anebo v místě, kde jsou nežádoucí a mohou být škodlivé [8].

5.2 Požadavky na ochranné oděvy dle normy ČSN EN 1073-1, 2 (832832)

Ochranný oděv proti radioaktivní kontaminaci musí splňovat všeobecné požadavky stanovené v EN 340. Provedení ochranného oděvu musí umožnit snadné oblékání a svlékání a snížit na minimum riziko kontaminace. Zkouší se podle praktických zkoušek nošením. Provedení ochranného oděvu může být pro jednorázové nebo opakované použití. Ochranný oděv s nucenou ventilací může být sestaven z jedné nebo více částí. Oděv může být vybaven dýchacím přístrojem, který zajistí dýchání uživatele v případě poruchy přívodu vzduchu ze zdroje [8].

Materiály pro ochranné oděvy proti kontaminaci radioaktivními částicemi musí splňovat požadavky a předpisy, jako jsou:

- odolnost proti oděru (dle EN 530)
- odolnost proti ohybu (ISO 7854, metoda B)
- odolnost proti propíchnutí (EN 863)
- odolnost proti lepivosti (EN 25978)
- odolnost proti dalšímu trhání (EN 29073-4)
- ochranné prostředky dýchacích orgánů (EN 1146)
- odolnost proti natržení (ISO 9073-4)
- pevnost v tahu (EN ISO 13934-1) [8].

Odolnost proti oděru (EN 530)

Tato norma popisuje dvě metody zkoušení odolností materiálů proti oděru s použitím stejného odíracího zařízení. V první metodě popisuje stanovení odolnosti materiálů ochranných oděvu proti oděru. V druhé metodě popisuje předběžnou přípravu těchto materiálů oděrem, pokud jsou zkušební vzorky dále používány pro další metody zkoušení, nebo pro vyhodnocení zbývajících ochranných vlastností [22].

Odolnost proti ohybu (ISO 7854, metoda B)

V této normě se vyhodnocují odolnosti povrstvených textilií proti poškození a to opakovaným namáháním v ohybu. Pro zkoušení odolnosti proti pronikání vody je potřeba odebírat ze střední části zkušebního vzorku namáhaného v ohybu [24].

Odolnost proti propíchnutí (EN 863)

Odolnost proti propíchnutí je vyjádřena jako nejvyšší síla potřebná pro proniknutí hrotu určitou rychlostí zkušebním vzorkem [25].

Odolnost proti lepivosti (EN 25978)

Norma stanovuje metodu zkoušení lepivosti povrstvených textilií při vysokých teplotách. Lepivost je náhodná přilnavost mezi dvěma materiály. Podle následující stupnice se posuzuje lepivost, případně odlupování povrstvené textilie:

1. Žádná lepivost: vzorky se oddělují bez nejmenších stop přilnutí.
2. Mírná lepivost: vzorky se oddělují bez poškození povrstvené textilie, ale dochází k jistému lnutí povrchů.
3. Lepivost: vzorky se oddělují obtížně, povrstvení textilie, nebo jeho část se při oddělování odlupuje [26].

Odolnost proti dalšímu trhání (EN 29073-4)

Pro zjišťování tahových vlastností netkaných textilií platí tato norma s použitím vystřiženého pásku. Podstatou je působení zatížení v podélném směru ke zkušebnímu vzorku stanovené délky a šířky při konstantním přírůstku prodloužení [27].

Ochranné prostředky dýchacích orgánů (EN 1146)

Norma specifikuje minimální požadavky pro autonomní dýchací přístroj na tlakový vzduch s otevřeným okruhem se zabudovanou kuklou, které jsou konstruované a sestavené tak, že umožňují uživateli dýchat vzduch dodávaný kontinuálně do kukly z vysokotlaké nádoby [28].

Odolnost proti natržení (ISO 9073-4)

Tato norma platí pro zjišťování pevností netkaných textilií v dalším trhání pomocí lichoběžníkové metody, která spočívá na principů statistického odběru vzorků. Netkané textilie mají v důsledku způsobu výroby výraznou anizotropii (rozdílné vlastnosti v závislosti na směru) [29].

Pevnost v tahu (EN ISO 13934-1)

Za použití zkušebních přístrojů se při této normě zjišťují tahové vlastnosti, např. pevnost v tahu, pevnost švů, pevnost v natržení, pevnost ve švu.

Skládá se ze dvou částí. První: Zjišťování maximální síly a tažnosti při maximální síle pomocí metody STRIP. Druhá: Zjišťování maximální síly pomocí metody GRAB [23].

5.2.1 Praktické zkoušky nošením

Praktické zkoušky nošením musí být prováděny se dvěma zkušebními osobami při teplotě okolního ovzduší (20 ± 5) °C a relativní vlhkosti vzduchu nejméně 60 %. Teplota a vlhkost vzduchu při zkouškách musí být zaznamenána. Hluk pozadí nesmí být větší než 75 dB (A) [8].

Pro zkoušky musí být vybrány zkušební osoby, které jsou důvěrně seznámeny s používáním takového nebo podobného ochranného oděvu. Zkušební osoby musí být z okruhu osob, které jsou lékařem uznány schopnými pro takovouto činnost [8].

Před zkouškami musí být přezkoušeno, zda je oděv v provozuschopném stavu, a zda může být bez nebezpečí použit. Musí být vybrána vhodná velikost oděvu. Zajistí se, aby zdroj vzduchu odpovídal předepsaným parametrům. Zkouší se dva oděvy, každý je zkoušen jednou osobou [8].

Během zkoušky se vykonávají následující činnosti, jako je simulace praktického používání oděvu. Zkouška musí být ukončena po 20 min celkové doby činnosti. Osoba zkoušející ochranný oděv provádí úkony jako je chůze po rovině rovnoměrnou rychlostí 5 km/h, plnění malého koše drtí ze zásobní nádoby. Zkušební osoba se musí ohýbat nebo klečet podle své volby. Koš musí zvedat a vyprazdňovat a to 15- 20krát během 10 min [8].

Během praktických zkoušek nošením je oděv subjektivně hodnocen zkušební osobou a zaznamenávají se následující informace:

- pohodlí popruhů,
- spolehlivost upevnění a spojení,
- přístupnost ovladačů a tlakoměru (pokud je použit),
- průzračnost a zorné pole lícnicové části a/nebo zorníku,
- pohodlí ochranného oděvu,
- snadnost verbálního dorozumění,
- další připomínky sdělené zkušební osobou [8].

Zkoušené ochranné oděvy proti kontaminaci radioaktivními částicemi musí být od výrobce vybaveny návodem k použití daného oděvu v oficiálním jazyce země nebo oblasti určení. Návod musí odpovídat požadavkům EN 340. Tento návod musí dále obsahovat pokyny pro oblečení, použití, přizpůsobení, svlečení a skladování, možnost použití a omezení při použití ochranného oděvu, jako je klasifikace oděvu a rozsah teplot. Dále musí výrobce udávat kontroly, které mají být prováděny uživatelem před použitím, způsob údržby a čištění, popřípadě dekontaminace, například sprchováním, pokud je daný ochranný oděv určen pro opakované použití v prostředí kontaminovaném radioaktivními částicemi [8].

5.3 Wolframová ochranná vesta doplněná robotickým zařízením HAL.

Koncem roku 2011 v Japonsku přichází nová firma Cyberdyne, která pod vedením Prof. Sankai a jeho laboratoře na univerzitě Tskuba uvedla na trh robotický oblek s názvem HAL (Hybrid assistive limb) co znamená Hybridní pomocné končetiny. Tento robotický oblek pomáhá při chůzi pracovníkům v jaderných elektrárnách.

Samotný ochranný oblek Tyvek poskytuje bariéru mezi radioaktivními látkami a tělem, nikoli při blokování samotnému radioaktivnímu záření. Na to byla vyvinutá vesta z wolframu, která váží 60 kg. Z toho vyplývá velmi obtížný pohyb pracovníků.

Nový robotický typ HAL podporuje váhu wolframové ochranné vesty a tím umožňuje samotnému nositeli při práci v rizikovém prostředí pohyb bez pocitů zatížení. HAL přebírá kontrolu nad uživatelem, předvídá a podporuje jeho pohyb těla pomocí senzorů, sledované elektrickými signály a následně poslané z mozku do svalů. Pro zvýšení bezpečnosti je ochranná vesta doplněná oblekem Tyvek [34].

Vědci se začali zabývat tímto novodobým oděvem, na základě tragické havárie v Černobyli a Fukushima, který nadále zdokonalují.

5.4 Přelomový typ radiační ochrany Demron

15. října 2010 byla představená na konferenci NATO v České republice tkanina s názvem Demron. Tato tkanina poskytuje ochranu před radioaktivními hrozbami. Dále před chemickým, biologickým a balistickým terorismem. Textilie Demron získala za svou technologii 13 amerických a mezinárodních patentů, která umožňuje uživateli eliminovat rizika. Vyznačuje se lehkostí, pružností, vynikající odolnou schopností před radioaktivitou, kde umožňuje uživateli pohodlně pracovat s klidným vědomím, že je dokonale chráněn. Demron se skládá z moderní rentgenkontrastní a nano- polymerní sloučeniny, která se roztaví mezi vrstvami tkaniny. V testech z Lawrence Livermore National Laboratory bylo u textilie Demron prokázáno, že blokuje rentgeny a radioaktivní záření.



Obr. 8: Ochranný oděv z textilie Demron [39]

Vyniká v jedinečné schopnosti proti záření gama, čím poskytuje ochranu proti jadernému ohrožení. Demron tkanina je recyklovatelná a netoxická a její použití je vícenásobné [39].

5.5 Bezpečnost a ochrana zdraví při práci a osobní ochranné prostředky

Zaměstnavatel je povinen zajistit bezpečnost a ochranu zdraví zaměstnanců při práci s ohledem na rizika možného ohrožení jejich života a zdraví. Zaměstnavatel je povinen rizika, s nimiž se jeho zaměstnanci mohou setkat, odstranit. Pokud to není možné, je povinen poskytnout jim osobní ochranné pracovní prostředky.

5.6 Osobní ochranné pracovní prostředky

Osobní ochranné pracovní prostředky (dále jen OOPP) jsou velice důležitou součástí bezpečnosti a ochrany zdraví při práci (dále jen BOZP). OOPP jsou podstatné v případě předcházení rizik a řešení konkrétních úrazových případů. Ochranné prostředky musíme používat tehdy, když není možné vyloučit rizika spojená s výkonem práce nebo je alespoň omezit. Pokud používáme více ochranných pracovních prostředků, je nutné, aby byly vzájemně kombinovatelné [17].

Osobní ochranné prostředky (OOP) – zahrnují širší okruh výrobků, patří mezi ně i osobní ochranné prostředky pro sport a volný čas [18].

Osobní ochranné pracovní prostředky (OOPP) – tyto prostředky přiděluje zaměstnavatel svým zaměstnancům k ochraně při práci, jsou určeny pro ochranu před jedním nebo více zdravotními a bezpečnostními riziky [19].

Vybavení zaměstnanců ochrannými prostředky musí odpovídat typu vykonávané práce a pracovním podmínkám. Podmínky používání ochranných prostředků se stanovují na základě závažnosti rizika, četnosti rizika, charakteru pracoviště a parametrů příslušného ochranného prostředku. Zaměstnanci musí být s používáním ochranných prostředků seznámeni.

Přidělené ochranné prostředky musí být účinné vůči případným rizikům a jejich používání nesmí představovat další riziko, musí odpovídat pracovním

podmínkám, musí respektovat požadavky zaměstnance (zdravotní, fyzické atd.) a respektovat ergonomické požadavky a zdravotní stav zaměstnanců [19].

5.7 Rozdělení osobních ochranných prostředků

Kategorie I. (pouze pro minimální riziko)

Do kategorie I. patří OOP jednoduché konstrukce, jejichž návrh vychází z toho, že uživatel je schopen sám zhodnotit úroveň ochrany proti rizikům, která mohou být včas a bezpečně uživatelem rozpoznána. U těchto OOP postačí posouzení shody za stanovených podmínek výrobcem či zplnomocněným zástupcem, ES přezkoušení typu zde není nutné. Oděvy z této kategorie chrání například proti mechanickému působení, klimatickým vlivům, slabým nárazům, atd. [20].

Kategorie II. - střední konstrukce (pro střední riziko)

Do této kategorie se řadí výrobky, které svým charakterem nevyhovují definici první ani třetí kategorie. U této kategorie se předpokládá vyšší ochrana. Výrobce nebo zástupce před uvedením výrobku na trh zajišťuje posouzení shody vzorku OOP (ES přezkoušení typu) autorizovanou osobou a ta vystaví certifikát ES přezkoušení typu. Oděvy musí být testovány a certifikovány nezávislým notifikovaným orgánem. Pouze tyto schválené orgány mohou vydávat označení CE pro OOP 2. a 3. kategorie, bez kterého se OOP nesmí prodávat. OOP této kategorie jsou označeny symbolem CE a doplňkovými piktogramy nebo informacemi udávající jejich specifické vlastnosti [20].

Kategorie III. (smrtelné riziko)

Do třetí kategorie se řadí OOP, které jsou určeny k ochraně života či k ochraně proti rizikům, která mohou vážně nebo trvale poškodit zdraví a kde návrh vychází z toho, že jejich bezprostřední účinky nemůže uživatel včas rozpoznat. Osobní ochranné prostředky této kategorie musí být testovány a certifikovány nezávislým notifikovaným orgánem a navíc systém zajištění kvality, který výrobce používá pro zaručení homogenity výroby, musí být nezávisle kontrolován. Přezkoušení ES typu před uvedením na trh je nezbytně nutné. Výrobce nebo zástupce musí zajistit následnou každoroční kontrolu jakosti výrobku nebo výroby. OOP musí být označeny symbolem CE a za ním musí být uvedeno identifikační číslo notifikovaného orgánu.

Např. CE 0287. Oděvy III. kategorie poskytují ochranu před pádem z výšky, chemickým působením, před aerosoly, toxickými plyny apod. [20].

Protože rozdělení nebylo zcela jednoznačné, vydala komise, působící v rámci EU pro OOP a směrnici 89/686/ESH, dokument, který toto rozdělení zpřesňuje.

Dokument není právně závazný, ale je používán autorizovanými a notifikovanými osobami v České republice a v Evropské unii [20].

Tato práce se zaměřuje na ochranné oděvy, které spadají do této kategorie a používají se pro práci v nebezpečném prostředí, které může vážně a nevratně poškodit lidské zdraví.

5.8 Osobní ochranné prostředky a jejich použití

OOPP jsou určeny k ochraně před úrazem nebo poškozením zdraví. Zaměstnanci v těchto rizikových oblastech jsou povinni nosit ochranné pomůcky, kterými jsou např. přilby, ochranná obuv a pracovní oděv, kterými se bude práce hlouběji věnovat v následující části.

5.8.1 Použití ochranných oděvů

Ochranné oděvy musí svým provedením odpovídat účelu, proti kterému chrání a pracovníci je musí na ochranu proti uvedenému riziku používat.

Ochranný oblek má být nehořlavý, kyselinovzdorný, protichemický a odolný proti sálavému teplu.

Ochranná kombinéza TYVEK chrání proti postříkání, kapalinám, prachu, kontaminaci radioaktivními částicemi, chemikáliím a biologickým rizikům.

Při pracích v areálu JE, kde je nutné používat výstražnou vestu, musí být při snížené viditelnosti používána výstražná svítící vesta s aktivním světlem [21].

5.8.2 Použití ochranné obuvi

Ochranná obuv se musí používat při všech činnostech, kde hrozí úraz nohou, kdy je třeba nohy chránit před škodlivými faktory pracovního prostředí (vlhko, chlad, chemikálie apod.)

S touto ochrannou obuví se setkáváme v technologické oblasti JE: opravy a údržba, obsluha zařízení, práce ve skladech, práce při manipulaci s těžkými předměty, práce v KP.

Použitá obuv nesmí obsahovat žádné závady, např.: prasklá špička, popraskaný, roztrhaný nebo proříznutý svršek, praskliny nebo otvory v podešvích.

Obuv musí dobře padnout, aby poskytovala potřebnou ochranu a umožňovala jistou chůzi [21].

5.8.3 Použití ochranných rukavic

Ochranné rukavice je nutno používat při činnosti, kdy hrozí poranění nebo poškození rukou nebo prstů nebo tam, kde to příkazují bezpečnostní tabulky (např. tabulka „Příkaz k ochraně rukou“).

Jedná se o práce, kde je možnost radioaktivní kontaminace, dále s kyselinami a zásadami, jejich roztoky, dezinfekčními prostředky. Rukavice se nesmí používat v blízkosti rotujících částí strojů a zařízení [21].

5.8.4 Použití ochranných přileb

Přilby patří mezi OOPP sloužící k ochraně lebeční části hlavy před ohrožením nebezpečnými a škodlivými vlivy pracovního procesu (např. nárazy nebo průrazy, padající předměty apod.)

Povinnost používat ochranné přilby je stanovena v JE pro všechny zaměstnance včetně externích zaměstnanců, exkurzí a návštěv a to:

- EDU - v celém chráněném prostoru (za vnitřní bariérou), včetně kontrolovaného pásma s výjimkou dozoren, administrativních prostor a provozních budov a další.
- ETE – ve vyznačené zóně s výjimkou budovy řídicího centra, zdravotního střediska, administrativních prostor, chodeb apod.

Ochranné přilby zaměstnanců JE musí být označeny na čelní straně identifikačním štítkem, na kterém musí být název organizace resp. její logo, jméno a příjmení zaměstnance.

Barevné rozlišení přileb typu SCHUBERTH pro zaměstnance JE:

- | | |
|----------------------------------|-------------------------------|
| - útvary centrály | - barva oranžová |
| - útvary provozu | - barva modrá |
| - útvary údržby, péče o zařízení | - barva zelená |
| - kontrolované pásmo | - barva červená |
| - exkurze, návštěvy | - barva bílá |
| - dodavatelé | - barva bílá nebo barva žlutá |

V kontrolovaném pásmu JE se používají výhradně přilby žluté barvy typu SCHUBERTH, to platí i pro pracovníky dodavatelských organizací [21].

5.8.5 Použití ochranných masek, respirátoru a dýchacích přístrojů

Filtrační prostředky pro ochranu dýchacích orgánů se používají při práci tam, kde pracovní ovzduší obsahuje prach a jiné škodlivé látky a hrozí tak nebezpečí vdechnutí radioaktivních aerosolů. Dále se používají při manipulaci s radioaktivními odpady, při likvidaci požáru, havárie apod.

Filtrační zařízení odstraňující ze vzduchu nežádoucí látky pevné (prach), kapalné (aerosoly) nebo plynné (plyny, páry) není možné používat v ovzduší s nedostatkem kyslíku, tj. tam, kde vzduch obsahuje méně než 19 % objemových kyslíku. V takovém případě je nutné použít dýchací přístroj nezávislý na okolním prostředí (izolační dýchací přístroj) [21].

5.8.6 Použití ochranných prostředků v kontrolovaném pásmu JE

Základní OOPP

Základní OOPP poskytované v kontaminovaném prostředí (KP) JE jsou:

- kombinéza žluté barvy,
- spodní prádlo,
- ponožky žluté barvy,
- ochranná obuv pro kontaminované prostředí,
- ochranná přilba žlutá.

Základní OOPP mají povinnost používat všechny osoby při každém standardním pobytu v KP.

Doplňkové OOPP

Doplňkové OOPP poskytované v KP jsou:

- bavlněné rukavice (nechrání proti RA kontaminaci),
- rukavice na ochranu proti RA látkám:
 - Vital,
 - Duomix,
 - Ganges.
- rukávničky TYVEK,
- ochranný oblek TYVEK, kapuce, dle typů provedení:
 - ochrana proti postříkání,
 - ochrana proti kapalinám,
 - ochrana proti prachu,
 - ochrana proti kontaminaci radioaktivními částicemi,
 - ochrana proti chemikáliím,
 - ochrana proti biologickým rizikům.
- respirátor proti RA prachům a aerosolům,
- obličejová maska (+ příslušné filtry),
- návleky na obuv TYVEK,
- holínky,
- pracovní vesta žluté barvy nebo pracovní kabát žluté barvy při nízkých teplotách.

Vyřazování osobních ochranných pracovních prostředků

Poškozené OOPP nebo takové, které již ztratily svou ochrannou schopnost (příp. uplynula stanovená doba životnosti), se vyřazují podle účetních předpisů a likvidují se podle pravidel nakládání s odpady.

OOPP podléhající zkouškám, kontrolám a prohlídkám (jsou určeny návodem k použití a technickými normami) musí být v případě potřeby (podle výsledku zkoušky, kontroly nebo prohlídky) vyměněny [21].

5.8.7 Svlékání doplňkových OOPP

Při svlékání a sundávání doplňkových OOPP jsou všichni pracovníci povinni dodržovat následující zásady:

- jako první sejmout rukama v rukavicích svrchní OOPP (návleky na nohy, TYVEK, gumový oblek, kombinézu,...), potom rukavice,
- nedotýkat se sejmutých doplňkových OOPP holýma rukama,
- OOPP chránící dýchací cesty snímat jako poslední,
- použité doplňkové OOPP spotřebního charakteru (návleky na obuv, rukavice, respirátor, TYVEK) odhodit do odpadních nádob na sběrných místech v KP, návleky a rukavice sbalit do sebe, respirátor a TYVEK uložit do vhodného obalu)
- použité doplňkové OOPP trvalého charakteru uložit do přiděleného polyethylenového,
- po sejmutí doplňkových OOPP zkontrolovat povrchovou kontaminaci částí těla, které byly těmito OOPP zakryty,
- na přilbu nesahat kontaminovanými rukavicemi, před sejmutím přilby sejmout vždy gumové rukavice a následně sejmout přilbu v bavlněných nekontaminovaných rukavicích,
- obecně: použitý filtr z obličejové masky odšroubovat vždy v ochranných rukavicích a odložit do kontaminovaného odpadu,
- nakonec očištění obuvi v dekovaniče [21].

5.8.8 Radiační nehody a havárie

Všichni pracovníci veškerých útvarů ETE (Elektrárna v Temelíně) a veškerých bezpečnostních složek, kteří provádějí akce na odstraňování následků radiačních nehod a havárií, musí být při vstupu do kontaminovaného prostředí hlavního výrobního bloku (HVB), budovy aktivního pomocného provozu (BAPP) a skladu vyhořelého jaderného paliva (SVJP) vybaveni OOPP podle aktuální a/nebo očekávané radiační situace [21].

6 Metody hodnocení ochranných vlastností

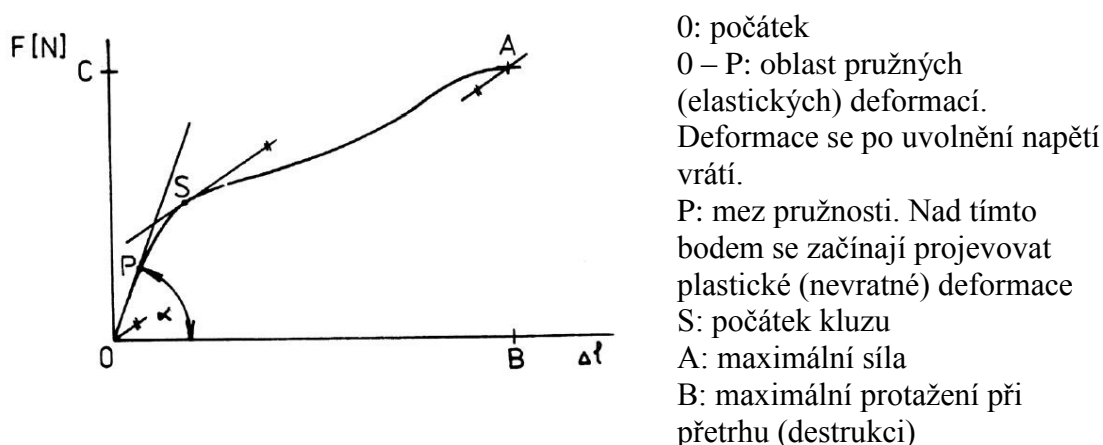
6.1 ČSN EN 530

Odolnost materiálu ochranných oděvů proti oděru - Metody zkoušení

Norma popisuje zkoušení odolnosti materiálu ochranných oděvů proti oděru. U netkaných textilií se poškození zkušebního vzorku určuje, když je průměr otvoru způsobeného opotřebením (nejméně 0,5 mm). U této metody se zjišťuje změna provedení, vzhledu, úbytku hmotnosti [%] nebo objemu způsobeného oděrem. Používá se při zkoušení pouze malého množství materiálu. Oděr na textiliích se měří pomocí přístroje, zvaném Martindale [22].

Důležitými mechanickými vlastnostmi jsou pro tuto normu pevnost, tažnost. Pevnost se vyznačuje jako síla do přetrhu F [N]. Při namáhání oděvního materiálu v tahu nastává pevnost v tahu, která se měří pomocí trhacího stroje, kde namáhání vzorku je závislá na síle a deformace (natažení).

Tažnost je definovaná jako relativní deformace do přetrhu. Výsledkem je podíl absolutní deformace Δl k upínací délce l_0 násobená 10^2 v [%].



Obr. 9: Deformační křivka [40]

6.2 ČSN EN ISO 13934- 1

Textilie - Tahové vlastnosti plošných textilií – Část 1: Zjišťování maximální síly a tažnosti při maximální síle pomocí metody Strip

Tažnost je poměr mezi prodloužením zkušebního vzorku k jeho výchozí délce [%]. Zkouška se provádí na trhacím přístroji vybaveném dvojicí svorek, přičemž je jedna pevná a druhá se pohybuje konstantní rychlostí. V zkušebním systému nedochází k žádnému ohybu. Vyhodnocení se provádí pomocí aritmetického průměru hodnot při maximální síle v Newtonech [23].

Textilie – Tahové vlastnosti švů plošných textilií a konfekčních výrobků – Část 1: Zjišťování maximální síly do přetrhu švu metodou Strip

Zkušební metodou Strip, která je vhodná pro netkané textilie se stanovuje postup pro zjišťování maximální tažné síly u šitých švů, kde tato síla působí kolmo ke švu. Při zkoušce je použit trhací přístroj opatřen dvěma svorkami. První je pevná, a druhá se pohybuje konstantní rychlostí, kde nedochází k žádnému ohybu.

Podstatou zkoušky u vzorku se švem uprostřed plošné textilie se zaznamenává maximální síla k přetrhu švů. Švy ke zkoušce jsou ušity rovnoběžně se směrem osnovy a útku. Dále podléhají podmínkám šití: typ šicí nitě, typ jehly, typ švů, přídavky na šev a počet stehů na jednotku délky. Pro každý zkoušený směr se vypočítá aritmetický průměr hodnot maximální síly [N] [38].

6.3 ČSN EN 863

Ochranné oděvy – Mechanické vlastnosti – Zkušební metoda: Odolnost proti propíchnutí

Odolnost proti propíchnutí je vyjádřena jako vnější síla potřebná pro proniknutí hrotu určitou rychlostí zkušebním vzorkem [N. m/s⁻¹].

Pro tuto metodu se používá trhací stroj typu CRE, který musí splňovat určité požadavky - svislý pohyb nejméně 100mm; kontaktní zkušební rychlost (100 ± 10) mm/min; zapisovací přístroj pro měření – síly a deformace.

Tento stroj je opatřen zkušebním hrotem, který je vyroben z oceli o určité tvrdosti a tvaru, a kruhovým upínacím zařízením [25].

6.4 ČSN EN ISO 13938-2

Textilie – Vlastnosti plošných textilií při protlaku – Část 2: Pneumatická metoda pro zjišťování pevnosti v protržení a roztažení při protržení

Tato norma, která je vhodná pro netkané textilie, popisuje pneumatickou metodu pro zjišťování pevnosti a roztažení při protržení u plošných textilií. Používá se i pro textilie vyrobené jinými technikami. Tlak při protržení je maximální tlak, působící na zkušební vzorek, upnutý přes membránu do protržení zkušebního vzorku. Pevnost při protržení je tlak získaný po odečtení membránového tlaku, který je působící na membránu bez přítomnosti zkušebního vzorku, který ji roztahuje tak, aby se dosáhlo průměrného roztažení zkušebního vzorku při protržení [kPa].

Podstatou zkoušky je upnutý vzorek přes roztažitelnou membránu pomocí kruhového upínacího prstence. Zvyšující se tlak stlačeného vzduchu působí na spodní stranu membrány a následně roztahuje membránu a plošnou textilií. Zkušební vzorek podléhá tomuto tlaku do té doby, dokud se neprotrhne.

Vyhodnocením této zkoušky se provádí pomocí aritmetického průměru ze získaných naměřených dat [24].

6.5 ČSN EN ISO 13937-1

Textilie – Vlastnosti plošných textilií při dotržení – Část 1: Zjišťování síly při dotržení pomocí balistického kyvadla (Elmendorf)

Tato norma popisuje zjišťování síly potřebné k dotržení plošných textilií k pokračování jednorázového dotržení o definované délce od jejího zářezu. Podstatou zkoušky u předem provedeného zářezu plošné textilie je potřebná síla, která se zjišťuje pomocí měřené práce k dotržení plošné textilie do stanovené vzdálenosti.

Při zkušebních vzorcích se používá měřicí přístroj s kyvadlem. Zkušební vzorek je upnut mezi dvěma svorkami, z nichž jedna je pohyblivá svorka připevněná ke kyvadlu a druhá k rámu. Výsledné vyhodnocení se vyjadřuje pomocí aritmetického průměru [N] [36].

6.6 ČSN EN ISO 13982-1

Ochranný oděv pro použití proti pevným částicím – Část 1: Požadavky na provedení pro ochranné oděvy proti radioaktivnímu prachu poskytující ochranu celého těla

Specifikace této normy jsou minimální požadavky pro ochranné oděvy proti radioaktivním prachovým částicím. Jedná se o ochranný oděv pro celé tělo, tj. trup, ruce, nohy, dvojdílně obleky a jejich další součásti, např.: kukla, rukavice, obuv.

Důležitým faktorem jsou švy, které musí minimalizovat průnik prachových částic otvorů stehů nebo dalšími součástmi švů. Pro uživatele je zhotoven oděv tak, aby mu umožnil bezpečný a pohodlný pohyb.

Podstata zkoušky je vstup zkoušející osoby v kompletním ochranném oděvu do uzavřené komory, kde třikrát opakuje následující pořadí tří činností. Jedná se o polohu v kleče, postoj s nohama vedle sebe v podřepu a poklek na pravé koleno. Po provedení činnosti musí být ochranný oděv podroben vizuální prohlídce s ohledem na roztržení nebo vznik trhlin na textiliích, švech, uzávěrech nebo spojích s rukavicemi, obuvi.

Při použití obličejové masky dýhacího přístroje připojené k oděvu, nesmí zkreslovat vidění [37].

7 Radiační limity pro kontrolované pásmo v JE

Radioaktivní látka, která se dostala do těla, je ve srovnání se stejnou radioaktivní látkou mimo tělo nebezpečnější, neboť radioaktivní látka je v přímém styku s vnitřními orgány. Cesty, kterými lze dojít k vnitřní kontaminaci jsou následující:

- spolknutí radionuklidu
- vdechnutí radionuklidu
- pokožkou (ať už poraněnou či neporaněnou)

Jako ochranu před pronikáním radioaktivního jódu do organismu (hlavní cesta je s potravou), se používá tablet jodidu draselného, které na čas zaplní štítnou žlázu a tím pádem je následný příjem radioaktivního jódu výrazně snížen.

Počet radioaktivních rozpadů za jednotku času neboli aktivita se uvádí v jednotkách becquerel [Bq].

Další důležitou veličinou, která je určená pro oblast ochrany lidského organismu je nazývána: efektivní dávka, ta vyjadřuje účinek záření na lidský organismus. Vyjadřuje se v jednotkách sievert [Sv].

Efektivní dávka (tj. součet efektivních dávek z vnitřního i zevního ozáření) nesmí překročit 1 mSv/r (za kalendářní rok). Vnitřní limit pro radiační pracovníky: efektivní dávka (tj. součet efektivních dávek z vnitřního i zevního ozáření) nesmí překročit 20 mSv/rok.

Kontrolované pásmo se vymezuje tam, kde by za běžného provozu mohlo dojít k překročení 3/10 limitů pro radiační pracovníky.

Všechny osoby vstupující do kontrolovaného pásma jsou dozimetricky sledovány, a to z hlediska zevního ozáření a vnitřní kontaminace. Pro zjišťování (osobní dávky) zevního ozáření se používají osobní dozimetry.

8 Ochranné oděvy dostupné na trhu

Ochranné oděvy, označené symbolem viz *Obr. 10*, popsané v této kapitole poskytují ochranu před kontaminací radioaktivními částicemi, ale neposkytují ochranu před radioaktivním zářením. Jako příklad konkrétních ochranných oděvů, splňujících výše popsané normy EN 1073-1 a EN 1073-2, jsou v této práci použity výrobky firmy 3M Česko, spol. s r.o. [6, 7]. Dalšími prezentovanými výrobky jsou pak výrobky firmy DuPont Personal Protection (Europe), DuPont CZ [7].



Obr. 10: Ikona označující ochranný oděv proti kontaminaci radioaktivními částicemi [7, 8]

8.1 Modely 4520, 4540 a 4560 od firmy 3M Česko, spol. s.r.o.

Modely 4520 a 4540 jsou vyrobeny z polypropylenu. Model 4560 je vyroben z polypropylenu s tenkou vrstvou PE laminátu. Jsou to oděvy určené na jednorázové použití. Model 4520, ukázaný na *Obr. 11 a*), je určen pro provozy, kde se provádí ochrana před radioaktivními/nukleárními částicemi EN 1073-2:2002. Je vyroben z 5vrstvého, prodyšného a lehkého materiálu, o plošné hmotnosti 43g/m^2 . Tento ochranný oděv je pohodlný při nošení s antistatickou ochranou.

Díky technologickému způsobu zpracování této netkané textilie dochází k minimálnímu pouštění vláken. Model 4540, ukázaný na *Obr. 11 b*), je univerzální a je vyráběn z lehkého mikroporézního materiálu, který je měkký a lehký o plošné hmotnosti 49g/m^2 . Používá se proti radioaktivnímu prachu a potřísnění. Modrá část na zadním díle vrchní části kombinézy je z prodyšného materiálu, který zvyšuje ventilaci vzduchu a tím snižuje vývin tepla. Model 4560, ukázaný na *Obr. 11 c*), je vynikající ochranou před chemikáliemi a radioaktivním prachem [6]. Materiál je měkký o plošné hmotnosti 49g/m^2 . Poskytuje zvýšenou úroveň chemické ochrany. Používá se proti nebezpečnému radioaktivnímu prachu a potřísnění.



Obr. 11: Modely a) 4520, b) 4540 a c) 4560 [6]

Pro zvýšení komfortu jsou u modelu 4520 použity osobní ochranné prostředky jako elastická kapuce, manžety, přední část a kotníky pro větší pohodlí a obousměrný zip s krycí klopou. Vyráběný v bílé barvě s modrým dílem na zadní části. U modelu 4540 pak pletené manžety, dvoucestný zip s krycí klopou, pohodlné elastické části v pase a na kotnících, prodyšný zadní díl pro lepší cirkulaci vzduchu. Průdušný zadní díl, který je určen pro snížení tepelného namáhání. U modelu 4560 je komfort zvýšen použitím laminovaného mikropórovitého materiálu s vynikající prodyšností a pevností, pletenými manžetami pro zvýšení pohodlí. Je také vybaven obousměrným zipem s krycí klopou a páskou zakrývající švy pro lepší ochranu [6].

V jaderných zařízeních se používají tyto typy modelů: 4520, 4540, 4560 jako bariéra proti proniknutí radioaktivního prachu a kapalina do spodního prádla a následně i těla. Výčet těchto modelů je vyráběn z oděvního materiálu polypropylen, zpracované technologií SMMMS. Tyto ochranné oděvy nechrání před jaderným zářením.

Firma neuvádí, jestli je možné jednorázově použitelné oděvy ekologicky recyklovat [6].

8.2 Modely Tyvek® Dual, Tyvek® Classic Plus s ponožkami a Tychem® C2 od firmy DuPont Personal Protection (Europe)

8.2.1 Tyvek® Dual

Tento model, ukázaný na *Obr. 12*, je vyroben z patentovaného materiálu Tyvek® HDPE – High–density polyethylene (vysoce hustotní polyetylen) v kombinaci s vysoce prodyšným ACT – Advanced Composite Technology (pokročilé kompozitní technologie). Je vyroben pro jednorázové použití. Následně je možné nekontaminovaný oděv recyklovat jako plast. Komfort tohoto oděvu zvyšují následující osobní ochranné prostředky: odolná přední část a vysoce prodyšná zadní část oděvu, oděv je vhodný i pro horké provozy. Používá se proti průniku radioaktivního prachu EN 1073-2 [7].



Obr. 12: Ochranný oděv Tyvek® Dual [7]

8.2.2 Tyvek® Classic Plus s ponožkami

Tento model, ukázaný na *Obr. 13*, je vyroben z patentovaného materiálu Tyvek® HDPE technologií DuPont. Je vyroben pro jednorázové použití. Následně je možné nekontaminovaný oděv recyklovat jako plast. Komfort tohoto oděvu zvyšují následující prvky: integrované ponožky a dvojité nohavice, přelepené švy a samolepící klopa, palcová poutka. Tento ochranný oděv je vhodný do provozů průmyslového čištění, likvidace azbestu, manipulace s radioaktivními odpady, ale také do míst s výskytem ptačí chřipky [7].



a)

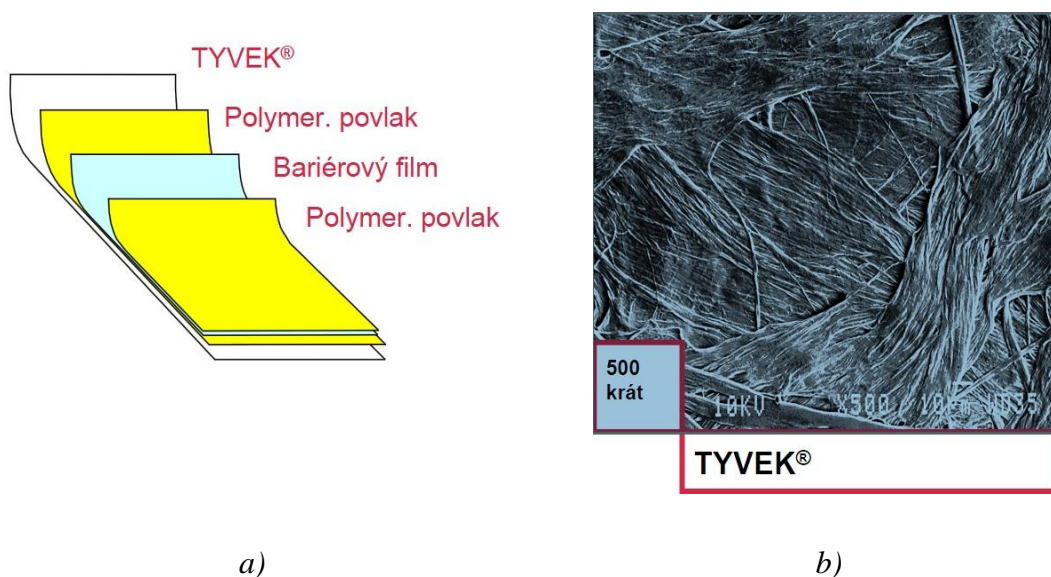


b)

Obr. 13: a) Tyvek® Classic Plus s ponožkami, b) kompletně oblečený pracovník [7]

Modely z materiálu Tyvek® jsou vyrobeny z netkané textilie, jak je ukázáno na *Obr. 14*. Jsou vyrobeny z čistého polyetylénu s mikroporézní úpravou. Z vnější strany jsou odolné proti průniku radioaktivního prachu a kapalin. Z vnitřní strany poskytují prodyšnost pro vodní páru a vzduch. Jsou z lehkého, pružného materiálu, čímž se zvyšuje komfort při nošení ochranného oděvu, stejně jako elastické manžety a kotníky. Na modelu *Obr. 13: a)* nalezneme elastický pás, který umožňuje těsné přilnutí

obleku k tělu. Tento ochranný oděv byl navržen tak, aby jeho uživateli umožňoval široký rozsah pohybu [7].



Obr. 14: Složení materiálu Tyvek®, a) vrstvení, b) pohled pod mikroskopem [7]

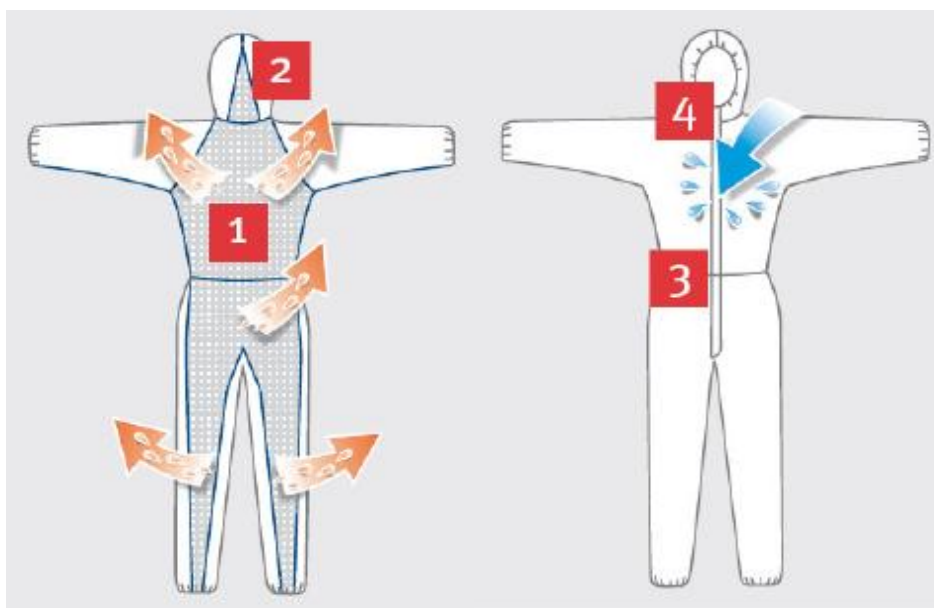
Firma DuPont Personal Protection (Europe) uvádí na svých stránkách, viz. Literatura odkaz [7], také porovnání materiálu Tyvek® s ostatními ochrannými textiliemi. Tabulka *Tab. 1.* toto porovnání ukazuje především průnik prachu materiálu Tyvek®, který je v porovnání s ostatními je lehčí, ovšem při zachování ochranných vlastností a to pevnosti a odolnosti tohoto materiálu [7].

Byly testovány čtyři druhy materiálů, a to: Tyvek®, MPF (mikroporézní folie), SMMS a Tkanina. Byly testovány na komfort: prodyšnost, propustnost, hmotnosti a pevnost. Nejlépe dopadl materiál Tyvek® s nejnižší hmotností 42 g/m^2 , díky své dobré pevnosti, paropropustnosti a prodyšnosti. Nejhůře byl v testu vyhodnocen materiál MPF, který vykazoval téměř nulovou prodyšnost a pevnost.

Tabulka 1: Srovnání kombinéz Tyvek®, kategorie III

Model	Průnik prachu EN ISO 13982-2:2004	Orientační cena (Kč)
Tyvek® Dual	91% oděvů – průnik do 30%	170
Tyvek®classic	80% oděvů – průnik do 15%	150
Tyvek®classic Plus	100% oděvů – průnik do 15%	190
Tyvek® classic Plus s ponožkami (CHA6)		210

Při práci se člověk nejvíce potí v podpaží, na zádech a v rozkroku. Proto je na zadní část oděvu použita patentovaná technologie DuPont ACT (Advanced Composite Technology), díky které je textilie příjemná na dotek a výborně propouští vzduch a vodní páru. Aby byla výměna vzduchu a páry co nejvyšší, jak je ukázáno na *Obr. 15* je z materiálu ACT vyroben celý zadní díl od kapuce až po kotníky. [7, 10].



Obr. 15: Schéma výměny vzduchu a páry [7]

Popis k Obr. 15 :

- 1- Velký prodyšný zadní díl z materiálu ACT od kapuce po kotníky pro optimální komfort.
- 2- Ergonomická trojdílná kapuce, která nebrání pohybu hlavy. Zadní strana kapuce je vyrobená z ACT pro usnadnění výměny vzduchu a páry.

- 3- Vnější šité švy pro zvýšenou ochranu proti penetraci prachu a kapalin na vnitřní stranu oděvu.
- 4- Dobré utěsnění kritických míst oděvu: zip vyrobený z textilie Tyvek® s ochrannou klopou, elastické manžety, kotníky a obličejový otvor.

Tychem® C2

Tento model, ukázaný na *Obr. 16* je vyroben z patentovaného materiálu Tyvek® v kombinaci s ochranným polymerem. Jako jediný, ze zde prezentovaných modelů, je určen pro vícenásobné použití, je ovšem nutné provést dekontaminaci vodní sprchou. Prvky zvyšující komfort tohoto výrobku nejsou na stránkách uvedeny. U tohoto oděvu jsou ale použity další osobní ochranné prvky, jako například dvojitý zip a dvojité rukávy. Používá se na ochranu před radioaktivními částicemi EN 1073-2, a právě proto je vhodný pro práci v nejvíce nebezpečných prostředích, jako jsou jaderné elektrárny, přeprava nebezpečných látek a likvidace havárií. I přes své pozitivní vlastnosti neposkytuje však žádnou ochranu proti radioaktivnímu záření [7].



Obr. 16: Model Tychem® C2 [7]

Popis k Obr. 16 :

- 1- Design dvojitého zipu zajišťuje vysokou úroveň těsnosti a snadné oblékání a svlékání pro zvýšení bezpečnosti.
- 2- Design kapuce umožňuje volný pohyb hlavy bez omezení výhledu a těsné obléknutí kolem respirátoru.

- 3- Výjimečné uzávěry oděvu: velké elastické pásy na manžetách a kotnících výrazně vylepšují padnutí obleku a omezují riziko průniku nebezpečných látek v kritických místech nohavic a rukávů.
- 4- Krypté šité švy zajišťují bariéru srovnatelnou s materiálem ochranného oděvu.
- 5- Elastický pás k zajištění optimálního přizpůsobení postavě.
- 6- Elastický systém dvojitých manžet pro zlepšenou ochranu.

8.3 Model MicroMAX NS od firmy Lakeland Industries, Inc.

Model MicroMAX NS od firmy Lakeland Industries, Inc., ukázaný na *Obr. 17*, je vyroben z netkané mikroporézní polyetylenové textilie. Oděv je určen pro jednorázové použití a firma na svých stránkách neuvádí způsob likvidace oděvu po použití. Oděv je vhodný do provozů lakoven, zpracování potravin, možný je i jako oděv do čistých provozoven, dále pak jako ochrana proti radioaktivnímu prachu EN 1073-2 [15] a je vhodný i pro práci s azbestem. U oděvu této americké firmy je uvedeno, že pro zvýšení komfortu je střih přizpůsobený pro Evropany [14].



Obr. 17: Model MicroMAX NS od firmy Lakeland Industries, Inc. [14]

8.4 Model KLEENGUARD*A40 od firmy Kimberly-Clark Professional*

Model KLEENGUARD*A40 od firmy Kimberly-Clark Professional*, ukázaný přímo při práci s chemikáliemi na *Obr. 18*, je vyrobený z tkaniny Apparel, u kterého je vnější vrstva potažena fólií odolnou vůči potřísnění a postříkání kapalinami a také vůči

Ochranné profesní oděvy do prostředí s nebezpečím výskytu radioaktivity

prachovým částicím. Vnitřní vrstva je tuhý netkaný polypropylen, odolný vůči otěru. U tohoto oděvu je uvedeno, že chrání proti kontaminaci radioaktivním prachem dle normy EN 1073-2 [15].

Technologie laminované fólie funguje jako bariéra proti mnoha chemikáliím, je to antistatická tkanina neobsahující silikon. Vlákná této tkaniny dle firmy zachycují více než 99 % částic větších než 1 mikron. Oděv má pevné trojitě švy. Pro zvýšení komfortu oblékání je na oděvu zip po celé délce [15].

Oděv je vyroben pro jednorázové použití a způsob likvidace je dán lokálními nařízeními [15].



Obr. 18: Model KLEENGUARD*A40 od firmy Kimberly-Clark Professional* [15]

9 Komfort textilií

Stav, který člověk vnímá, jako pocit pohody lze obecně nazvat komfortem lidského organismu. Přesná definice komfortu uvádí, že se jedná o stav, kdy jsou fyziologické funkce organismu v optimu, a kdy okolí včetně oděvu nevytváří žádné nepříjemné pocity vnímané našimi smysly. Jde tedy o pocit kladný, kdy daná textilie splňuje teplotní a vlhkostní podmínky, nebrání v pohybu nositele a dokonale chrání jeho tělo vůči povětrnostním podmínkám. Pokud dojde k opačným stavům, než bylo uvedeno, jedná se o diskomfort, tedy o pocit nepříjemný.

Komfort je vnímán všemi lidskými smysly, kromě chuti a to: hmatem, zrakem, sluchem a čichem. [41]

9.1 Termofyziologický komfort

Termofyziologický komfort lze popsat jako stav lidského organismu za ideálních podmínek, kdy organismus nemusí regulovat tělesnou teplotu. Lze ho hodnotit buď pomocí přístrojů, nebo pomocí přenosu tepla a vlhkostí měřené za podmínek blízkých fyziologickému režimu lidského těla.

Podmínky termofyziologického komfortu jsou následující:

- teplota pokožky 33 – 35 °C,
- relativní vlhkost vzduchu 50 ± 10 %,
- rychlost proudění vzduchu 25 ± 10 cm/s,
- obsah CO₂ 0,07%,
- nepřítomnost vody na pokožce

Naproti tomu termofyziologický diskomfort nastává za podmínek, kdy:

- je minimálně 25 % těla pokryto potem,
- člověk začíná pociťovat teplo (mírné teplo, teplo, horko),
- člověk začíná pociťovat chlad (chlad a zimu). [41]

9.2 Senzorický komfort

Senzorický komfort zahrnuje vjemy a pocity člověka vyvolané při přímém styku pokožky a první vrstvě oděvu, kde mohou vznikat pocity příjemné, jako je např.: měkkost, splývavost. Oproti tomu mohou vznikat pocity velice nepříjemné, jako je pocit tlaku, vlhkosti, škrábání, kousání, píchání, lepení, svědění apod.

Lze ho rozdělit do dvou základních oblastí: komfort nošení a omak. Komfort nošení oděvu zahrnuje povrchovou strukturu použitých textilií, schopnost textilie absorbovat a transportovat plynnou či kapalnou vlhkost s dopadem na kontaktní vlastnosti. Na druhou stranu omak je reprodukovatelná veličina založená na vjemech prostřednictvím prstů a dlaně. Omak lze charakterizovat vlastnostmi: tepelně - kontaktní vněm, tuhost, hladkost a objemnost. [41]

9.3 Tepelná vodivost

Tepelná vodivost je schopnost látky vést, přenášet teplo. Označuje se λ a její základní jednotkou je $[W/m.K]$. Tuto veličinu charakterizuje součinitel tepelné vodivosti a ukazuje rychlost, jakou se teplo šíří a přenáší z jedné přehřáté části materiálu do jiné části materiálu resp. chladnější. Přitom se předpokládá, že teplo se šíří pouze v jednom směru. Tento součinitel se zjišťuje experimentálně a není pro týž materiál konstantní, mění se v závislosti na mnoha činitelích.

Textilie jsou při měření tepelné vodivosti ovlivňované několika faktory, jakož jsou vlhkost vláken v textilií, teplota, jemnost vláken, zaplnění, objemová hmotnost textilie a další. [42]

9.4 Propustnost vzduchu

Prodyšnost je definovaná jako rychlost proudu vzduchu procházejícího kolmo plochou zkušebního vzorku při stanoveném tlakovém spádu a době. Je důležitým faktorem při výrobě textilních materiálů. Prodyšnost je především závislá na hmotnosti a konstrukci textilie (tloušťka, pórovitost). [45]

9.5 Propustnost vodní páry

Propustnost vodních par je měřítkem pro prodyšnost a schopnost přenášet vlhkost.

Je to prostup vody do struktury textilie přes její plochu. Voda se dostává do mezivláknenného prostoru a sorbuje do vláken. Proniká mezivláknennými prostory při tlakovém působení, a to na stejném principu jako u vzduchu.

10 Historie nanovláken

V letech 1934 a 1944 byly uskutečněny pokusy o výrobu nanovláken. První patent popisující experimentální výrobu nanovláken vydal A. Formhals. Následně v roce 1966 profesorem Haroldem L. Simonsem byl učiněn patent pro výrobu ultra tenkých a ultra lehkých nanovláčkových textilií s různými vzory. V roce 1971 Baumgartner zhotovil přístroj k elektrovlákňování akrylických vláken s průměrem v rozmezí 0,05 až 1,1 mikrometrů. Dalšími následovníky těchto vynálezů jsou profesori Darrell Reneker, Iksoo Chun, L. Larrond a R. St. John Manley. Na tyto osobnosti navázal tým profesora Oldřicha Jirsáka z Technické univerzity v Liberci. [50]

První výroba této novodobé technologie se objevila na světovém trhu v roce 1980. Donaldson, jedna z předních společností, která uskutečňuje výzkum v oblasti nanovláken, v letech 1981 komerčně aplikuje tuto technologii, jako je filtrace vzduchu, technologii Ultra-Web. Vývoj nanovláken dosáhl snížení provozních nákladů a zvýšení efektivity.

Do této doby technologie nanovláken je využita v mnoha průmyslových odvětvích, včetně filtrace, dopravy, stavebnictví, zemědělství, hornictví, vojenské a plynové turbíny. Plný potenciál technologie nanovláken má být zatím realizován v komerčních oblastech. Poslední vývoj otevřel možnosti uplatnění nanovláken k různému zlepšování procesů. Hlavní průlom zahájila společnost v roce 2005 Elmarco, která umožňuje výrobu nanovláken v průmyslovém měřítku. [50]

10.1 Definice nanovláken

„Vlákno“, převzato z latinského slova „fibra“ je délkový útvar o charakteristických rozměrech, kde délkový rozměr významně přesahuje ostatní dva.

Nanovláčka jsou textilní výrobky s průměrem menším než 1 mikrometr [μm] = 1000 nanometrů [nm]. [51] Díky své konstrukci, nanovláčkové materiály mají jedinečné vlastnosti a nabízí nečekané možnosti pro jejich využití v mnoha oblastech.

Technický obor, který se zabývá tvorbou a využíváním materiálů v měřítku nanometrů (10^{-9}m) se obecně označuje jako nanotechnologie.

Využití nanovláken lze očekávat v mnoha nových produktech vzhledem k těmto funkcím, jako je obrovský měrný povrch, vysoká pórovitost, malá velikost póru a průměr vláken.

Nanovlákná nabízí obrovské příležitosti pro vytváření produktů s novými vlastnostmi, protože umožňují úpravy nebo funkcionalizace o nanovláknenné vrstvy pomocí různých chemických a fyzikálních procesů, během nebo po výrobním procesu. Funkcionalizace může výrazně zlepšit vlastnosti povrchu a vytváří například super- hydrofobní (vodu odpuzující), nebo super- hydrofilní (vysoce vodě savý) materiály. Nanovlákná mohou změnit vlastnosti různých druhů materiálů, nebo dokonce umožní vytvoření zcela nových materiálů. Mají širokou škálu využití. V současné době jsou nejčastěji používány ve filtraci vzduchu, kde jsou velmi efektivní při odstraňování submikronových částic, včetně virů a bakterií. [50] Dosud je možné nanomateriály získat z padesáti přírodních, či syntetických polymerů. Jsou tedy novou skupinou materiálů, která je používána v mnoha aplikacích, jako je lékařství, filtrace, osobní péče, kompozitní oděvy, izolace a skladování energie. [53,52] Jako nanomateriály, nebo též nanostrukturní materiály, se označují takové materiály, jejichž stavebními prvky jsou nanočástice s přesně definovanými vlastnostmi. Jejich prostorové uspořádání může vytvářet další struktury, jako například vlákna, trubice nebo třeba tenké vrstvy. [55] Další zajímavou charakteristikou je obrovský nárůst poměru plochy povrchu k objemu částic nanomateriálu. Tento poměr velmi silně ovlivňuje většinu chemických a fyzikálních vazeb na hranicích zrn v materiálu. Rozdílné jsou také vazby nanočástic se základní hmotou kompozitních materiálů. Jejich chování se již neřídí zákonitostmi běžné fyziky. Jejich chování atomů je komplikovanější. [56]

10.2 Aplikace nanovláken

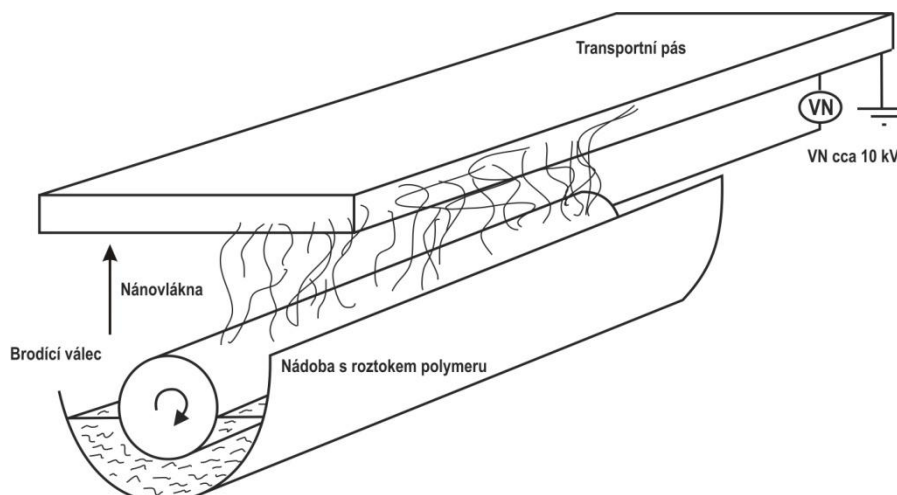
Nanovlákná mají významné postavení v oblasti filtrace, jelikož jejich plocha je výrazně větší. Mají mnohonásobně menší rozměry mikropórů, než je tomu u netkaných textilií Melt-blown, které se používají především k filtraci. Vysoce porézní struktura s vysokou plochou povrchu je činí ideální pro mnoho aplikací. V průběhu posledních dvou desetiletí se objevila nová generace textilií, nanotextilie. Spojení nanotechnologie a tradiční tkaniny je na vzestupu a její produkty lze nalézt v mnoha oblastech moderního života včetně módy, sportu a medicíny.

V kombinaci s jinými produkty netkaných textilií mají potenciál v celé řadě využití, jako jsou aerosolové filtry, ústní roušky a ochranné oděvy. V současné době jsou ve vývoji vojenské textilie určené pro chemické a biologické ochrany. [52] Nanovlákná v medicínské oblasti jsou využita k transplantaci umělých orgánů, léčiv, chirurgických nití, lékařských ústním rouškám. [52] Jako materiál k tvorbě nanotextilií se zkouší přírodní materiály (protein představující strukturní základ hedvábí), ale i materiály syntetické, vyrobené obvykle na bázi uhlíku. [54]

10.3 Výrobní technologie nanovláken

Nejčastější výrobní technikou je elektrostatické zvlákňování. Z technologického pohledu vzniká plášť z elektrostaticky zvlákňitelné tekutiny. Vlákná vyrobená koaxiálním elektrostatickým zvlákňováním lze přirovnat k vláknům pavučiny. V případě elektrostatického zvlákňování dochází, že elektrické síly na povrchu polymerního roztoku překročí síly vytvářené povrchovým napětím. Poté vzniká Taylorův kužel a dochází k vypuzení elektricky nabitého proudu polymerního roztoku. Během fáze letu kapalinové trysky, dochází k vytvoření ultra jemných vláken [53] viz *Obr. 19*.

Zařízení Nanospider je vyvinuté firmou Elmarco, kde Technická univerzita v Liberci, textilní fakulty, katedře netkaných textilií získala světový patent. Pracuje s výkonem 1-5 g/min. na 1 metr pracovní šířky. Tento vynález je založen na principu zvlákňování "z volné hladiny". V roce 2005 začala úspěšně jedna liberecká firma s výrobou a prodejem těchto zařízení. [56]



Obr. 19: Princip elektrostatické přípravy vrstev nanovláken [57]

10.4 Dozimetry

Jedná se o speciální typy radiometrů, které jsou většinou jednoduché detekční přístroje. Uvádí se v jednotkách radiační dávky (Sievert). Používají se při radiačním monitorování. Mezi základní typy dozimetrů patří: filmový, celotělový, prstový a neutronový dozimetr. Vzhledem návrhu k použití textilních pásek reagující na radioaktivitu tím, že změni své zabarvení, aplikujeme metodu filmového dozimetru. Jeho základem je fotografický film zabalený do černého papíru, kde ionizující záření prochází kovovými filtry a obalem filmu a způsobuje jeho větší či menší zčernání. Hustota zčernání se fotometricky vyhodnotí a následně se zjistí absorbovaná dávka záření. Mezi výhody filmové dozimetrie patří vysoká citlivost, trvanlivost záznamu, možnost získat částečné údaje o způsobu ozáření dozimetrů (energie, směr záření a druh záření), možnost automatizace výpočtu dávek a nízká cena. Oproti tomu mezi nevýhody patří relativně vysoká citlivost na vnější vlivy- vlhkost, teplota, chemické látky. [58]

Fluorescence je sekundární záření, které je charakterizováno vyzářením energie ve velmi krátké době. Patří mezi fotoluminiscenci záření, které je vyvoláno buď účinkem jiného dopadajícího záření, nebo účinkem dopadajících částic. Luminiscence je děj, při němž záření o kratší vlnové délce (větší frekvenci) vyvolává v látce určitého složení vznik záření o delší vlnové délce (nižší frekvenci). Vzniká excitací atomu, působením jiného záření, elektronů apod. a následným návratem atomu do základního stavu. [60] Mezi fluorescencí a luminiscencí některých látek patří např.: platnatokyanid barnatý, nebo blejn zinkový, které jsou vyvolané působením radioaktivního záření. Látka uzavřená ve skleněné nádobě, na níž je působeno radioaktivní záření, mění své chemické složení, což se projeví změnou jak barvy látky, tak i skleněné nádoby. [10]

Experimentální část

11 Hodnocení fyziologického komfortu

Hodnocení fyziologického komfortu lze provést dvěma způsoby. První způsob hodnocení probíhá pomocí přístrojů, který přesně charakterizují předem daný fyzikální děj, jako je tuhost, drsnost pohybu.

Druhým způsobem je hodnocení pomocí přístrojů, které měří přenos tepla a vlhkosti. Termofyziologický komfort charakterizují především dva parametry, a to tepelný a výparný odpor. [41]

11.1 Měření výparného odporu pomocí přístroje PERMETEST

Měření se uskutečnilo v laboratoři budovy KHT na přístroji Permetest. Jehož schéma je znázorněno na *obr. 19*. Jedná se o přístroj, který je založený na přímém měření tepelného toku procházejícího povrchem měřicí hlavičky, která je naplněná kapalinou. Dle normy ISO 11092 se jedná o simulaci napodobení procesu přenosu tepla a hmoty, ke kterým dochází u lidské kůže. [46] Zavlhčováním porézního povrchu modelu je navozená funkce ochlazování pocením. Na tento povrch je položena separační fólie, na ní je umístěn měřený vzorek, jehož vnější strana je ofukována.

Relativní vlhkost okolního prostředí je 40 %. Měřicí hlavička je udržována při teplotě okolního vzduchu, tj. 20°C. Této teploty je dosaženo elektrickou topnou spirálou a regulátorem, kterým je do přístroje nasáván okolní vzduch během samotného měření. Pokud bychom chtěli přesně dodržet podmínky uvedené v normě ČSN EN 31092, tj. teplotu 35°C a relativní vlhkost 40%, lze celý přístroj vložit do klimatické komory a tyto parametry nastavit. Při měření se mění vlhkost v porézní vrstvě na páru, která prochází separační fólií a vzorkem. Výparný tepelný tok je měřen speciálním snímačem. Získaná hodnota je přímo úměrná paropropustnosti textilie, nebo nepřímou úměrná jejímu výparnému odporu R_{et} , který vyjadřuje odpor textilie (proti průchodu vodní páry). Označuje se v jednotkách $[m^2 \cdot Pa/W]$. Přístroj registruje odpovídající tepelné toky. Nejprve je měřen tepelný tok procházející hlavicí nezakrytou vzorkem. Následně

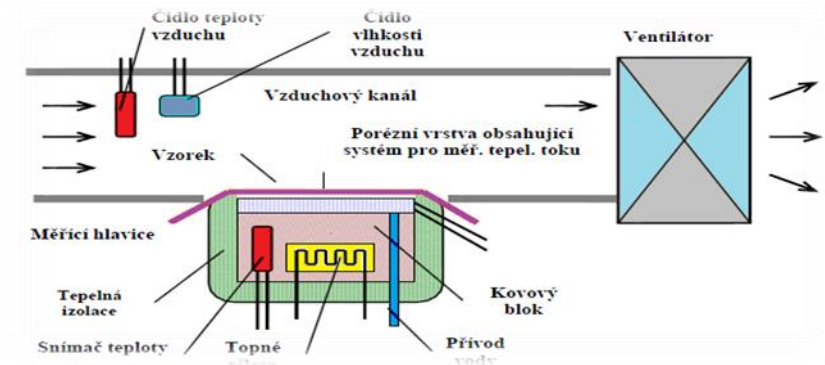
se snímá tepelný tok procházející hlavicí, na níž je umístěn měřený vzorek. Tepelný tok Φ je teplo, které prochází danou plochou za jednotku času [W]. [46]

Při měření tepelného odporu textilie je suchá měřicí hlavička udržovaná na hodnotě teploty o 10 – 20 °C vyšší než je teplota okolního vzduchu. [41]

Propustnost vodních pár W_d je vlastnost textilního materiálu, která je závislá na odolnosti vůči vodním páram a teplotě, podle vztahu (11.1.),

$$W_d = \frac{1}{R_{t\Phi T_m}} \quad (11.1.)$$

kde ΦT_m je latentní teplo odpařování vody při teplotě měřicí jednotky T_m . Je vyjádřena v g/m².h.Pa. Výsledky jsou vyjádřené v procentuálních hodnotách. [46]



Obr. 20: Schéma přístroje PERMETEST [43]

11.2 Měření propustnosti textilií pro vzduch pomocí přístroje TEXTTEST FX 3300

Jedná se o přístroj na *obr. 20*, který se používá pro rychlé, jednoduché a přesné stanovení prodyšnosti materiálu. Princip měření u tohoto přístroje spočívá ve vytvoření tlakového rozdílu mezi oběma povrchy zkoušené textilie a následného měření průtoků vzduchu. Velkou výhodou je nedestrukční způsob měření, kde se textilie dá vkládat v celku. Dle normy ČSN EN ISO 9237 měřená plocha činí 5 cm² a jednotka měření je [mm/s].

Prodyšnost R se vypočítá dle vztahu (11.2.).

$$R = \frac{\bar{q}_v}{A} \cdot 167 \quad (11.2.)$$

Kde:

\bar{q}_v - je aritmetický průměr rychlostí průtoku vzduchu v milimetrech za sekundu,

A - je zkoušená plocha textilie v centimetrech čtverečních,

167 - je přepočítávací faktor z decimetrů krychlových za minutu na centimetr čtvereční, na milimetry za sekundu.

Ve výsledku zkoušky se uvádí průměrná hodnota prodyšnosti R [mm/s], variační koeficient [%], 95% interval spolehlivosti [mm/s]. [47]

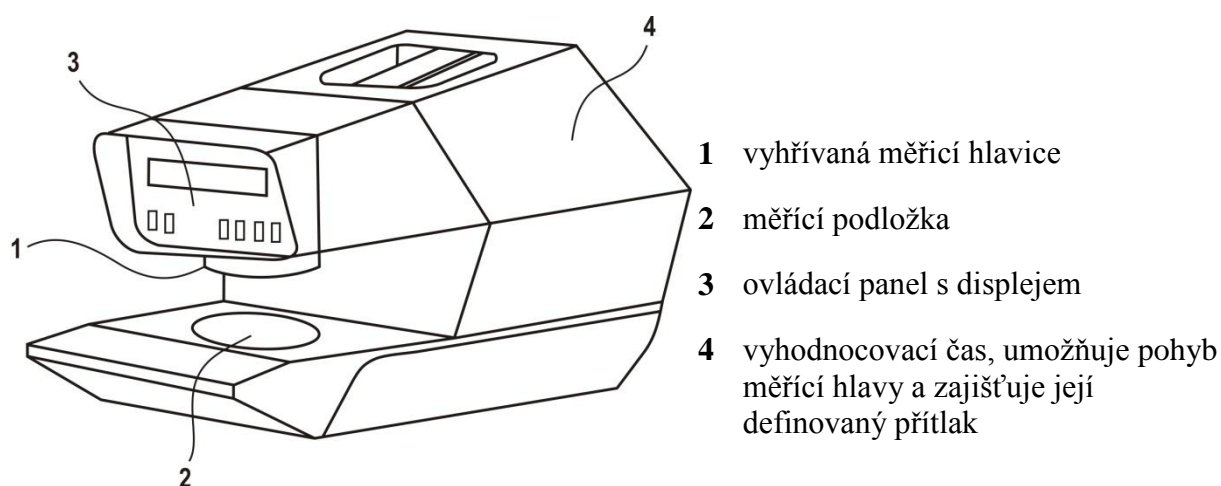


Obr. 21: Přístroj FX 3300 [49]

11.3 Měření pomocí přístroje Alambeta

Dle normy IN 23-304-02/01 tento přístroj měří termofyzikální vlastnosti a tloušťku textilií, případně jiných netextilních materiálů. Naměřené hodnoty jako jsou např.: tloušťka materiálu h [mm], tepelný odpor R [$\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$], tepelná vodivost λ [$\text{W}/\text{m} \cdot \text{K}$], atd., jsou vhodné k posuzování tepelně vodivých vlastností textilií.

Horní čelist přístroje je vyhřívána na 35°C , která odpovídá konstantní teplotě lidské pokožky. Proto je nutné umístit testovaný vzorek rubem nahoru. Přítlak měřicí hlavice je 400 Pa.



Obr. 22: Alambeta

Výsledkem toho měření je statistické zpracování z naměřených dat. Vypočítává se aritmetický průměr tepelná vodivosti λ [$\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$], tepelný odporu R_{et} [$\text{K} \cdot \text{m}^2/\text{W}$], variační koeficient [%] a 95% interval spolehlivosti. [48]

12 Vyhodnocení výsledků a měření

Při vyhodnocování výsledků a měření byly použity oděvní materiály TYVEK a TYCHEM.

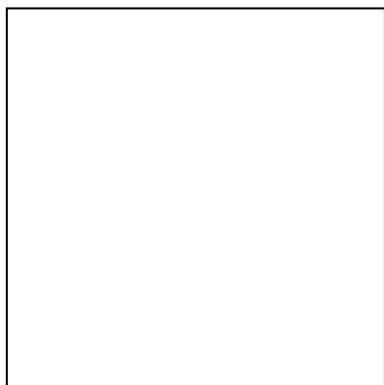
Vzorky byly měřeny na přístrojích PERMETEST, TEXTTEST FX 3300 a ALAMBETA. Na těchto přístrojích byla měřena paropropustnost, prodyšnost a propustnost tepla. Hodnoty jsou zaznamenány v tabulkách a grafech.

Vzorky: materiály z Tyveku a Tychemu, které byly měřeny na paropropustnost, prodyšnost a propustnost tepla. Vzorky k měření nebylo třeba vystříhovat o určitých rozměrech, jelikož do přístrojů se mohou vkládat celé výrobky. Měření vzorků bylo prováděno na Katedře hodnocení textilií Technické univerzity v Liberci.

12.1 Popis vzorků materiálu

TYVEK

Vzorek č. 1



Druh textilie: netkaná textilie zpevněná kalandrovaním

Složení materiálu: ultratenké nekonečné vlákna viz *Obr. 23* z PE od 2-7 mikrometrů
[μm]

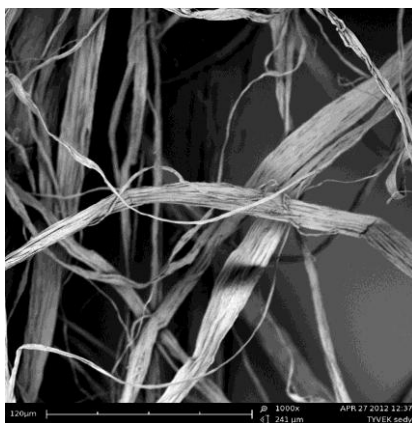
Jednotlivé vlákna byly přeměřované na obrazové analýze přístroje NIS ELEMENTS.

Průměrná hodnota změřených vláken je 4,72 μm, viz *graf 1*

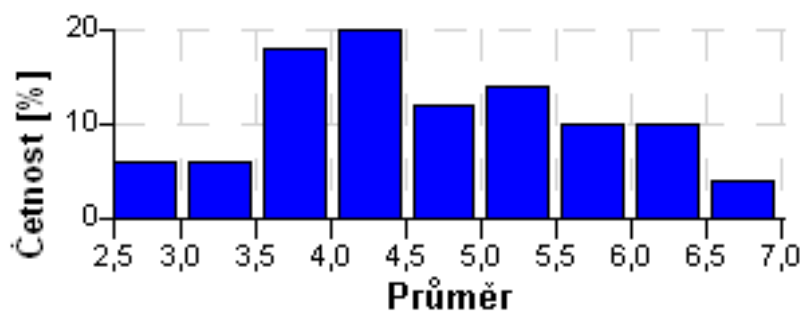
Technologie: SMMS- spunbond, 2x meltblown, spunbond, viz *Obr. 24*

Tloušťka materiálu: 0,11 mm

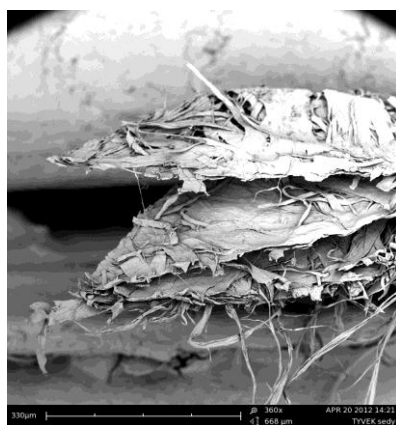
Plošná hmotnost: 45, 67 g/m²



Obr. 23: Obrazová analýza vláken materiálu TYVEK, Elektronový mikroskop NIS ELEMENTS



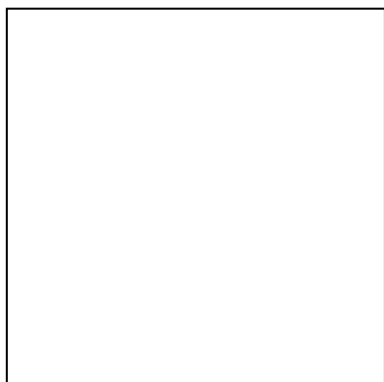
Graf 1: Naměřené hodnoty průměru vláken TYVEK



Obr. 24: Snímek průřezu materiálu TYVEK, Skenovací elektronový mikroskop

TYCHEM

Vzorek č. 2



Druh textilie: netkaná textilie

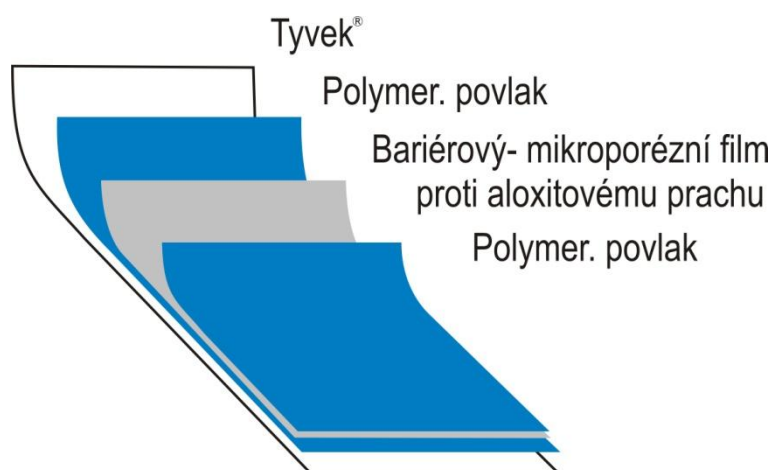
Technologie: 4vrstvý sendvič, viz *Obr. 27*

Povrstvení: viz *Obr. 25*

Tloušťka materiálu: 0,14 mm

Plošná hmotnost: 87,33 g/m²

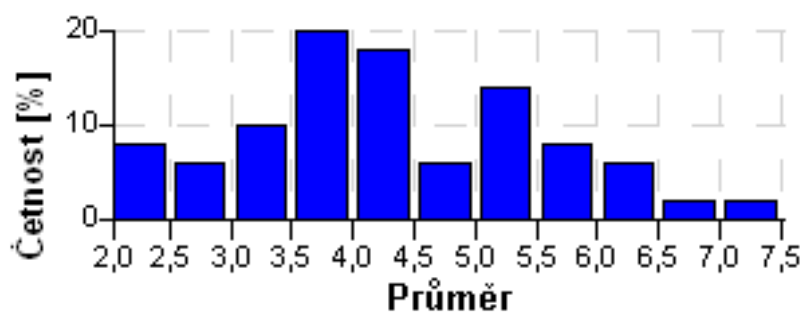
Průměrná hodnota změřených vláken je 4,32 μm viz *graf 2*



Obr. 25: Povrstvení materiálu TYCHEM



Obr. 26: Obrazová analýza vláken materiálu TYCHEM, Elektronový mikroskop NIS ELEMENTS



Graf 2: Naměřené hodnoty průměru vláken TYCHEM



Obr. 27: Snímek průřezu materiálu TYCHEM, Skenovací elektronový mikroskop

12.2 Hodnocení vzorků na přístroji PERMETEST

Měření probíhalo v laboratoři na KHT za těchto podmínek, přístroj byl umístěn do klimatické komory:

Teplota = 35 °C

Vlhkost = 40 %

Postup měření:

Měřený vzorek se vkládá do přístroje předem očištěný, srovnaný bez jakýchkoli záhybů a švů. Měření probíhá z rubní strany. Každý vzorek byl změřen 10x na různém místě. Následně byly vypočteny průměrné hodnoty a variační koeficienty paropropustnosti pro oba materiály. Jednotlivé hodnoty jsou zaznamenány v tabulce č. 2. Hodnota výparného odporu se vypočítá podle vztahu (12.1.).

$$R_{et} = (P_m - P_a)(q_v^{-1} - q_o^{-1}) \quad (12.1.)$$

Kde:

R_{et} – výparný odpor [$m^2.Pa.W^{-1}$],

q_o – tepelný tok vzniklý odparem z volné hladiny o průměru, jako má měřený vzorek,

q_v – tepelný tok vzniklý odparem z volné hladiny při zakrytí vzorkem,

P_m – nasycený parciální tlak vodní páry na povrchu měřící hlavičky [Pa],

P_a – parciální tlak vodní páry ve vzduchu ve zkušebním prostoru při teplotě vzduchu ve zkušebním prostoru [Pa] [46].

Relativní propustnost vodních par P [%] se vypočítá dle vztahu (12.2.).

$$P = \frac{P_1}{P_0} \cdot 100 \quad (12.2.)$$

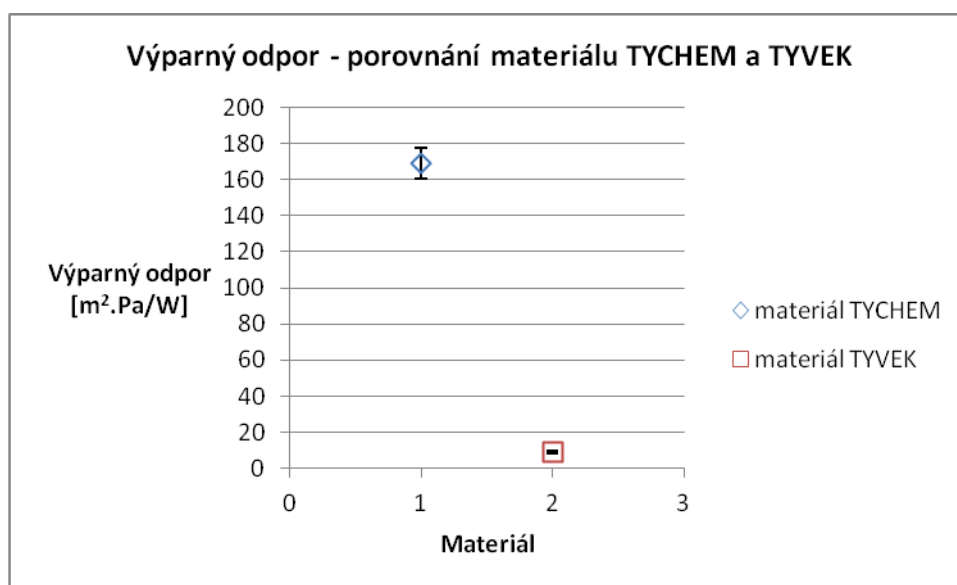
Kde:

P_0 – maximální ustálená hodnota propustnosti před vložením vzorku do přístroje [mV],

P_1 – maximální ustálená hodnota propustnosti po vložení vzorku do přístroje [mV].

Tabulka 2: Vypočtené hodnoty materiálu TYVEK a TYCHEM

	Tyvek		Tychem	
	Paropropustnost [%]	Výparný odpor [$\text{Pa}\cdot\text{m}^2\text{W}^{-1}$]	Paropropustnost [%]	Výparný odpor [$\text{Pa}\cdot\text{m}^2\text{W}^{-1}$]
\bar{x}	37,19	9,57	3,36	168,88
v [%]	6,9	1,1	3,1	0,73
s	2,6	1,05	0,25	12,24
95% IS	[35,37;39,01]	[8,82;10,32]	[3,18;3,54]	[160,13;177,63]



Graf 3: Výparný odpor - porovnání materiálu TYCHEM a TYVEK

Z tabulky č. 2 je patrné, že materiál Tyvek vykazuje mnohem lepší hodnoty paropropustnosti, než materiál Tychem. Materiál Tychem bychom podle naměřených hodnot označili za téměř neparopropustný a jeho použití v oděvu značně diskomfortní pro samotného nositele. Tento rozdíl je dán především konstrukcí materiálu, kdy materiál TYCHEM má na sobě vrstvu tenkého polymerního filmu, který způsobí horší odvod páry. Tomu odpovídají i výsledky získané měřením, jež jsou uvedeny v tabulce č. 2.

12.3 Hodnocení vzorků na přístroji TEXTTEST FX 3300

Postup měření:

Měření na tomto přístroji spočívá ve vložení vzorků pod upínací rameno, které se následně stlačí a spustí se samotné měření. Na digitálním displeji ve vybrané měrné jednotce se zobrazí výsledek během několika málo vteřin. V tomto případě byly vzorky o velikost 5 cm² měřeny v jednotkách [mm/s] při tlakovém spádu 200 Pa, jak je uvedeno v normě ČSN EN ISO 9237. Pokud bychom zvolili jiný tlakový spád, nebylo by to již v souladu s platnou normou. Abychom mohli hodnotit termofyziologické vlastnosti materiálu, je třeba tuto hodnotu naměřit z rubní strany materiálu. Naměřené hodnoty jsou zaznamenány v tabulce č. 3. [47]

Tabulka 3: Vypočtené hodnoty prodyšnosti materiálu TYVEK a TYCHEM

	Tyvek [mm/s]	Tychem [m/s]
\bar{x}	<i>1,97</i>	Větruodolný
v [%]	<i>22,5</i>	
95% IS [mm/s]	<i><1,65;2,29></i>	

Při měření materiálu Tychem nebyl schopen přístroj FX 3300 naměřit tak nízkou hodnotu, kterou materiál pravděpodobně vykazuje. Z toho vyplývá, že tento oděvní materiál je větruodolný a k nositeli se tak nedostanou částice radioaktivního prachu. U vzorků Tyvek byla zjištěna díky získaným průměrným hodnotám 1,97 mm/s nízká prodyšnost materiálu.

12.4 Hodnocení vzorků na přístroji Alambeta

Měření probíhalo v laboratoři na KHT za těchto podmínek:

Teplota = 20 °C

Vlhkost = 65 %

Postup měření:

Pro měření tepelně izolačních vlastností materiálů byl použit přístroj Alambeta.

Počítačem jsou zpracována měřená data. Pro statistické zpracování je uskutečněno 20 měření. Na displeji přístroje jsou zobrazeny hodnoty, které jsou dále zpracovány v tabulce č. 4, 5. [48]

Tabulka 4: Vypočtené hodnoty tepelně izolačních vlastností materiálů TYVEK

TYVEK			
Měření	h - tloušťka [mm]	λ - tepelná vodivost [W/(m . K)]	R_{et} - tepelný odpor [K . m ² /W]
\bar{x}	0,105	0,029	3,68
v [%]	15,3	25,7	7,1
95% IS	<0,093;0,117>	<0,026;0,032>	<3,494;3,866>

Tabulka 5: Vypočtené hodnoty tepelně izolačních vlastností materiálů TYCHEM

TYCHEM			
Měření	h - tloušťka [mm]	λ - tepelná vodivost [W/(m . K)]	R_{et} - tepelný odpor [K . m ² /W]
\bar{x}	0,144	0,039	3,62
v [%]	15,6	10,1	9,3
95% IS	<0,128;0,16>	<0,036;0,042>	<3,381;3,859>

Z předchozích tabulek, které obsahují naměřená data obou materiálů, je patrné, že materiál TYVEK má menší tloušťku (průměrná hodnota činí 0,105 mm) a vykazuje i menší tepelnou vodivost, v průměru cca 0,03 W/(m.K). Díky nízké hodnotě tepelné vodivosti lze předpokládat, že bude mít tento materiál vyšší hodnoty tepelného odporu, a to 3,68 K.m²/W.

Oproti tomu materiál TYCHEM má tloušťku průměrně 0,144 mm, což je hodnota o 37 % vyšší, než u materiálu TYVEK. Průměrná hodnota tepelné vodivosti je o 33 % vyšší než u předchozího materiálu, cca 0,04 W/(m.K). Proto i průměrná hodnota tepelného odporu tohoto materiálu vykazuje hodnoty o 2 % nižší než u materiálu TYVEK, a to 3,62 K.m²/W.

Obecně lze tedy říci, že oděv zhotovený z materiálu TYVEK poskytuje nositeli vyšší tepelnou izolaci, než by tomu bylo u materiálu TYCHEM. Rozdíly však nejsou příliš vysoké. Tato vlastnost však může být i nežádoucí, což závisí především na podmínkách, do kterých je oděv určen.

12.5 Hodnocení termofyziologických vlastností obou materiálů

Ochranný radiační oděv není možné zhotovit tak, aby splňoval z jedné strany skvělé nároky na nepropustnost radiačních částic a zároveň poskytoval nositeli výborný termofyziologický komfort.

Tyvek je unikátní netkaná textilie, vyrobená z čistého polyetylenu patentovanou technologií DuPont. Struktura nekonečných mikroskopických vláken dává Tyveku jedinečné vlastnosti, které ocení zejména uživatelé ochranných oděvů. Tento materiál je pevný a odolný, ale zároveň velmi lehký a pružný. Nositeli poskytuje i dobrý termofyziologický komfort, je dobře paropropustný a poskytuje i dostatečnou tepelnou izolaci pro prostředí, do kterého je určen.

Ochranná textilie Tychem je vyrobena z textilie Tyvek a polymerního povlaku, tím pádem poskytuje uživateli mnohonásobně větší ochranu proti radiaci v rizikovém prostředí. Tento oblek má mnohem nižší hmotnost ve srovnání s jinými textiliemi poskytující stejnou bariérovou ochranu. Bohužel je však tato hodnota vykoupena téměř nulovou paropropustností a tím pádem neposkytuje nositeli dobré komfortní vlastnosti. Co se týká tepelné izolace, je hodnota jen nepatrně nižší, než u předchozího materiálu.

Otázkou však zůstává, do jaké míry lze zlepšovat komfortní vlastnosti, aniž bychom snižovali ochranu proti radiaci v rizikovém prostředí, což je u těchto oděvů prioritou.

Proto se tato práce bude dále zabývat vývojem kontrolních pásků, které umožní nositeli snadné zjištění překročení dávky radiace za daný čas. Následná část experimentu bude věnována právě tomuto tématu.

13 Vyhodnocení dotazníku na komfort ochranného oděvu do prostředí s nebezpečím výskytu radioaktivity

Pro lepší zhodnocení dané problematiky byl vytvořen dotazník pro zaměstnance v jaderných elektrárnách Temelín, Dukovany a Jaslovské Bohunice. Tento dotazník byl zaměřen na komfort ochranných oděvů do prostředí s nebezpečím výskytu radioaktivity. Jeho cílem bylo získat názory jednotlivých pracovníků, kteří pracují v kontrolovaném pásmu. Tyto údaje byly získávány na základě vyplnění dotazníku, který byl zaslán směnovým mistrům, ti ho dále předali svým spolupracovníkům.

Rád bych zdůraznil, že odpovědi respondentů jednotlivých jaderných elektráren jsou specifitější, neboť odpovídají konkrétním podmínkám, kde se oděv používá.

13.1 Profil respondentů

V rámci tohoto dotazníkového řešení se mi podařilo získat názory od celkem 66 pracovníků. Z toho Temelín 24 pracovníků, Dukovany 22 pracovníků a Jaslovské Bohunice 20 pracovníků. Nejvíce rozsáhlou skupinou dotazovaných tvoří pracovníci ve věku 36-55 let v Temelíně a v Dukovanech. Zajímavostí je, že v kontrolovaném pásmu pracují pouze muži.

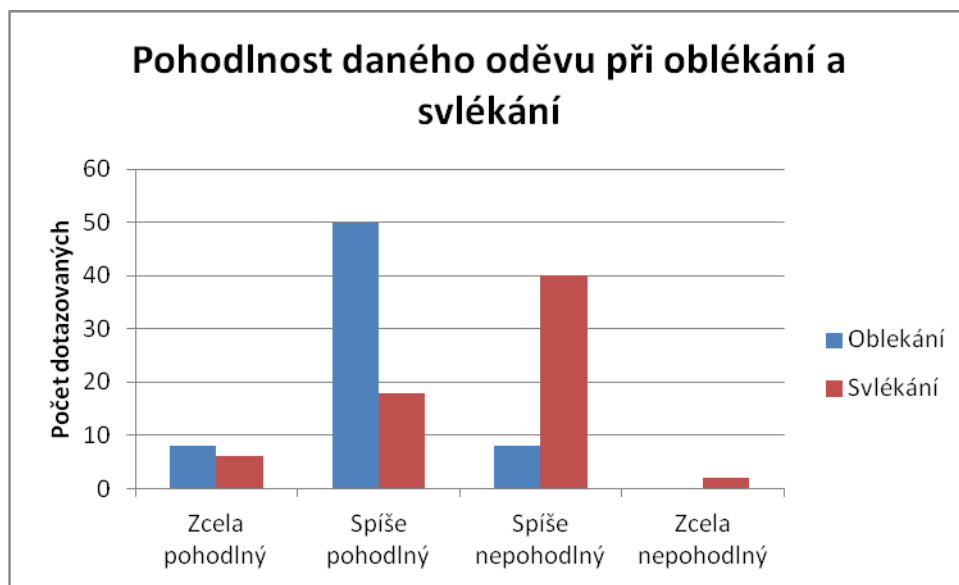
V České republice a na Slovensku se používají dva typy ochranných oděvů. Jsou jimi TYVEK a TYCHEM. Nejčastěji používaným oblekem je TYVEK, pouze jeden z dotázaných pracovníků používá oba typy těchto obleků.

13.2 Spokojenost s používaným typem ochranného oděvu

Respondenti z Temelína, Dukovan a Jaslovských Bohunic, pracující v kontrolovaném pásmu, hodnotili celkovou spokojenost ochranného oděvu pouze kladně. Z 66 pracovníků hodnotilo ochranný oděv TYVEK takto: 9% zcela spokojení a 91% pracovníků jsou spíše spokojeni. Z toho vyplývá, že tento oděv plně vyhovuje požadavkům všech pracovníků.

13.3 Pohodlnost daného oděvu při oblékání a svlékání

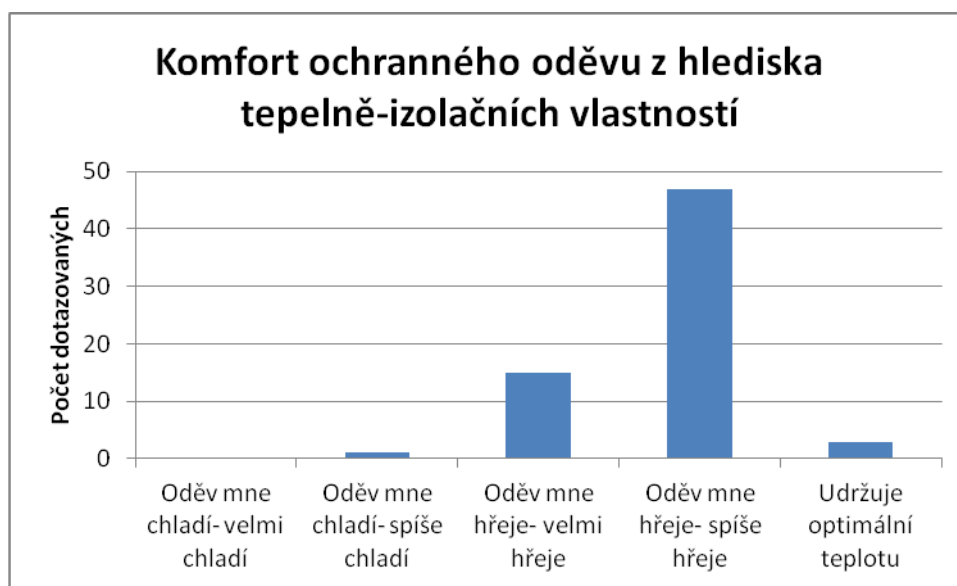
Názory na oblékání a svlékání z hlediska spokojenosti jsou rozdílné. Dotazovaným se pracovní oděv obléká spíše pohodlně. Oproti tomu při svlékání se jeví oděv spíše jako nepohodlný. Pracovníci toto odůvodňují takto, že oděv se často trhá vzhledem k tomu, že pracují v prostředí s vyššími teplotami a taky, že se trhá ve švech. Nejvíce se potkávají se zasekáváním zdrhovadla.



Graf 4: Pohodlnost daného oděvu při oblékání a svlékání

13.4 Komfort ochranného oděvu z hlediska tepelně-izolačních vlastností

Z celkového pohledu lze říci, že z hlediska tepelně-izolačních vlastností se pracovníci cítí v daném oděvu tak, že je oděv spíše hřeje, nežli chladí. Vznikající teplota, která vzniká při nošení oděvu, je závislá od pracovní pozice pracovníka, který se v něm pohybuje a nachází.



Graf 5: Komfort ochranného oděvu z hlediska tepelně-izolačních vlastností

13.5 Komfort ochranného oděvu z hlediska pohyblivosti při práci

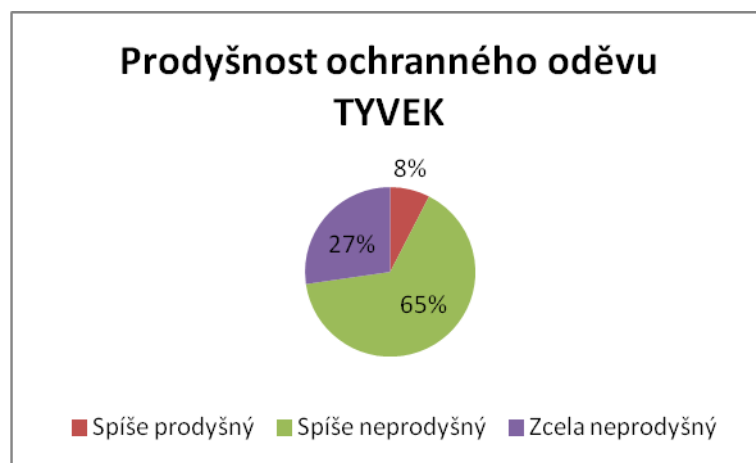
Pracovníkům v jaderných elektrárnách ochranný oděv ulehčuje pohyblivost při práci. 38% respondentů uvedlo, že je zcela pohyblivý, 62% spíše pohyblivý. Z těchto odpovědí je zřejmý dostačující komfort, který je poskytován pracovníkům při práci v kontrolovaném pásmu.



Graf 6: Pohyblivost při práci v daném ochranném oděvu

13.6 Prodyšnost ochranného oděvu TYVEK

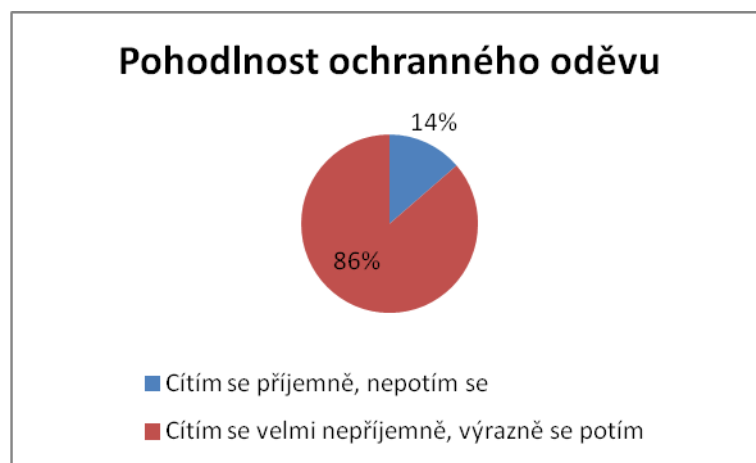
Pracovníci jaderné elektrárny hodnotili daný oděv, z hlediska prodyšnosti pozitivně. 27% dotazovaných hodnotilo oděv za zcela neprodyšný, 65% za spíše neprodyšný a pouze 8% pracovníků uvádí, že oděv je spíše prodyšný.



Graf 7: Prodyšnost ochranného oděvu TYVEK

13.7 Pohodlnost ochranného oděvu z hlediska osobního komfortu

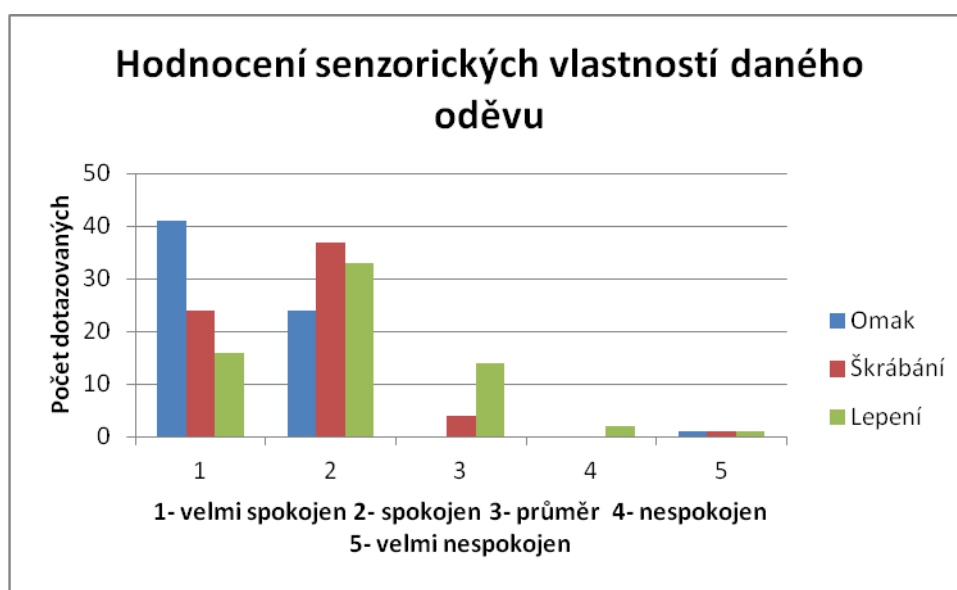
Z předchozích odpovědí respondentů jsme se dozvěděli, že se tento oděv vyznačuje svojí neprodyšností. Tato vlastnost souvisí s následným hodnocením dotazovaných, zda se cítí v ochranném oděvu příjemně či nikoliv. 14% dotazovaných uvedlo, že se v něm cítí příjemně, nepotí se. Oproti tomu u 68% bylo zjištěno, že se cítí velmi nepříjemně a výrazně se potí.



Graf 8: Pohodlnost ochranného oděvu TYVEK

13.8 Hodnocení senzorických vlastností

Pracovníci odpovídali na senzorické vlastnosti: omak, škrábání, lepení pozitivně. Tyto vlastnosti byly hodnoceny pomocí stupnice od 1 do 5, kde 1 znamená velmi spokojen. U omaku respondenti z jaderné elektrárny ohodnotili pomocí stupnice číslem 1, jsou velmi spokojení s touto vlastností u ochranného oděvu. Škrábání a lepení bylo posuzováno pracovníky stupnicí číslem 2. Lze říci, že ochranný oděv TYVEK je při jeho používání velmi příjemný.



Graf 9: Hodnocení senzorických vlastností daného oděvu

13.9 Bezpečnost pracovníků v ochranném oděvu TYVEK

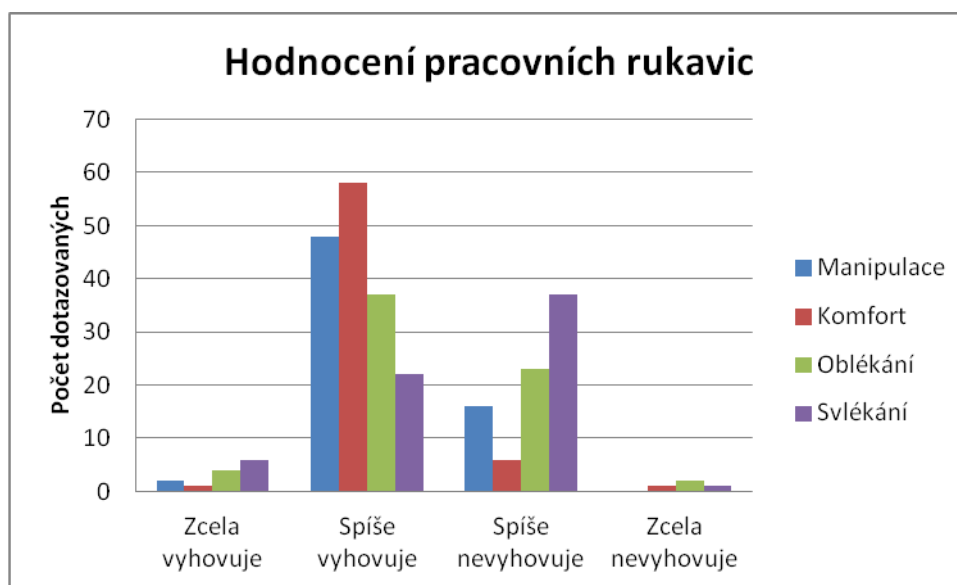
Pracovníci jaderné elektrárny pracují v prostředí s nebezpečím výskytem radioaktivity, kde se používají specifitější ochranné oděvy. V případě havárie 85% dotazovaných uvedlo, že se cítí být v tomto oděvu spíše bezpečně.



Graf 10: Bezpečnost pracovníků v ochranném oděvu v případě havárie

13.10 Hodnocení pracovních rukavic

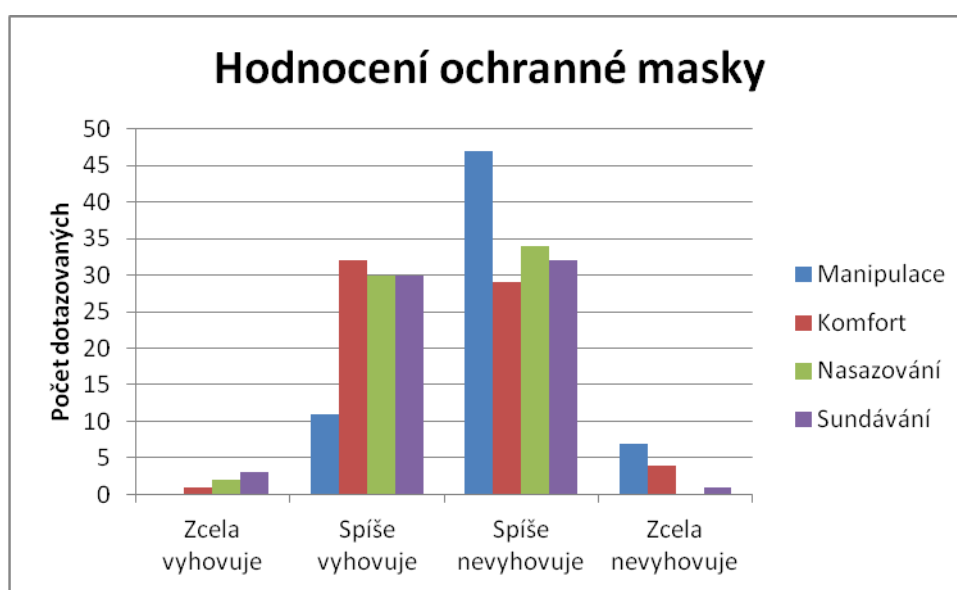
V rámci šetření u používání rukavic z hlediska manipulace, komfortu, oblékání a svlékání bylo zjištěno relativně kladné ohlasy, kromě svlékání. Manipulaci, komfort a oblékání respondenti ohodnotili, že spíše vyhovují. U samotného svlékání zhodnotili, že spíše nevyhovují. To je způsobeno tím, že rukavice jsou neprodyšné a průběhu manipulace s nimi se pracovník zpotí a špatně je lze z rukou sundat.



Graf 11: Hodnocení pracovních rukavic

13.11 Hodnocení ochranné masky

U tohoto osobního ochranného pracovního prostředku, což je ochranná maska, ohodnotili ji pracovníci následně takto: manipulace s ní spíše nevyhovuje, komfort je na rozhraní spíše vyhovující a nevyhovující. Toto je způsobeno tím, v jakém pracovním prostředí se dotazovaný vyskytuje. Dále nasazování a sundávání ochranné masky bylo ohodnoceno podobně jak u komfortu, což je na přelomu spíše vyhovující a nevyhovující. Toto hodnocení vyplývá ze složitosti ochranné masky při samotném nasazování a následném sundávání pracovníků, kteří pracují v nebezpečném prostředí.



Graf 12: Hodnocení ochranné masky

14 Návrh aplikací textilních pásků z nanomateriálů pro zlepšení bezpečnosti práce pracovníka v radioaktivním prostředí.

Pro zlepšení bezpečnosti práce ve zvýšeném riziku kontaktu s gama zářením byly navrženy textilní pásky na ochranném oděvu, jejichž návrhem se zabývá tato experimentální část. Tyto textilní pásky jsou vyrobené z nanotextilie, s přídavkem fluorescenční a luminiscenční látky. Tato kombinace chemických látek reaguje na radioaktivní záření zabarvením nanotextilního pásku, který se nachází na ochranném oděvu. Aplikace je podobná filmovému dozimetru, s tím rozdílem, že se nejedná o nepohodlný elektronický přístroj, nýbrž o textili, která je vhodně umístěná na viditelném místě ochranného oděvu pracovníka. Pracovník se může plně věnovat své práci a zároveň kontrolovat dávku radioaktivního záření, se kterou přišel do kontaktu.

Výhoda použití textilního indikátoru oproti klasickým elektronickým indikátorům spočívá v jeho malé hmotnosti, snadné aplikaci. Pro lepší výstrahu tzn. barevná viditelnost, vůči záření je vhodný do prostoru, kde je to pro člověka životu nebezpečné. Poskytuje vícenásobné použití, téměř žádné zacházení s jeho ovládáním a v neposlední řadě vyniká nižší cenou.

Aplikace novodobého materiálového dozimetru má širokospektrální využití v různých odvětvích. Jedná se o zdravotnictví, armádu, chemické laboratoře, jaderné elektrárny a jiné. Způsob, reakce je pohlcení dávky ionizujícího záření nanotextilním proužkem citlivým na toto záření a zareagováním viditelnou změnou svojí barvy z bílé do oranžové.

Mezi použité chemické látky, které mají schopnost reagovat na gama záření, patří indikátory pod názvem methyl červeň a dithizon. Výběr vhodných látek probíhal ve spolupráci s katedrou chemie Technické univerzity v Liberci s Ing. Janem Grégrem a [Mgr. Martinem Slavíkem Ph.D.](#)

Methyl červeň má molekulový vzorec $C_{15}H_{14}N_3NaO_2$. Jeho molární hmotnost je 291,29 g/mol. Byl připraven v koncentraci $0,34 \text{ mol/dm}^3 \times 10^4$. Vyskytuje se v pevném

skupenství ve formě tmavě červeného krystalického prášku. Je rozpustný ve vodě a v poměru 10 g/l H₂O při teplotě 20°C reaguje na vodný roztok zásaditě 8,2 pH. Používá se jako pH indikátor.

Další použitou látkou je dithizon, pod chemickým názvem difenylthiokarbazon. Jeho molekulový vzorec je C₁₃H₁₂N₄S, kde jeho hmotnost 1 molu látkového množství dané látky činí 256,19 g/mol. Přípravuje se v koncentraci 0,94 mol/dm³ x 10⁴. Oproti methylyl červeň je dithizon ve vodě nerozpustný. Tvoří komplexy s mnoha kovy jako je olovo a rtuť. Vyskytuje se v pevném skupenství ve formě zeleného prášku. Využívá se především v chemickém a farmaceutickém průmyslu.

Příprava roztoků probíhala za laboratorní teploty 20°C a při relativní vlhkosti vzduchu 30%, kdy nejprve bylo nutné odvážit 0,7 mg methylyl červeň a 1,2 mg dithizonu. Následně byly obě chemické látky rozpuštěny v 50 ml acetonu. Pro přesnější měření bylo použito dvojnásobné množství methyl červeň a to 1,4 mg na 100 ml acetonu, viz Obr. 28.



Obr. 28: Chemické roztoky: Mč - Methyl červeň a Dt - Dithizon

14.1 Zjišťování hustoty zkoumané kapaliny pomocí pyknometrické metody

Pyknometrická metoda byla zvolena pro zjišťování hustoty použitých roztoků. Touto metodou lze zjistit, jakou hustotu má polymerní roztok, se kterým se dále pracovalo. Hustota je jedním z parametrů, které mohou ovlivnit zvláknitelnost polymerního roztoku.

V první fázi byl zvážen prázdný pyknometr a určena hmotnost m_1 . Dále následovalo zvážení pyknometru naplněného destilovanou vodou o hustotě $\rho = 0,997 \text{ g/cm}^3$ a stanovení hmotnosti m_2 . Po důkladném vymytí je naplněn pyknometr chemickým roztokem Mč – methyl červeň o hledané hustotě $\rho_{\text{Mč}}$ a zvážen o hmotnosti $m_{3\text{Mč}}$. Stejný postup následoval u chemického roztoku s dithizonem o hledané hustotě ρ_{Dt} a získané hmotnosti $m_{3\text{Dt}}$ viz *Tabulka 6*.

Tabulka 6: Naměřené hodnoty potřebné pro pyknometrickou metodu

prázdný pyknometr:	$m_1 = 7,707\text{g}$
pyknometr + voda:	$m_2 = 18,282\text{g}$
pyknometr + zkoumaná kapalina:	$m_{3\text{Mč}} = 16,051\text{g}$
	$m_{3\text{Dt}} = 16,033\text{g}$
hustota vody při teplotě $t = 23^\circ\text{C}$:	$m = 0,997 \text{ g/ml}$

Následně byla zjištěna hmotnost zkoumané kapaliny a to odečítáním pyknometru s kapalinou od prázdného pyknometru dle vztahu:

$$\begin{aligned} m_{\text{Mč}} &= m_3 - m_1 & m_{\text{Dt}} &= m_3 - m_1 & (14.1.) \\ m_{\text{Mč}} &= 16,051 - 7,707 & m_{\text{Dt}} &= 16,033 - 7,707 \\ m_{\text{Mč}} &= \underline{8,344\text{g}} & m_{\text{Dt}} &= \underline{8,326\text{g}} \end{aligned}$$

Objem pyknometru V [ml] je dán hustotou ρ [g/cm^3], která určuje množství vody [g], který je dán vztahem:

$$V = \frac{m_2 - m_1}{\rho_{\text{H}_2\text{O}}} = \frac{18,282 - 7,707}{0,997} = 10,607\text{ml} \quad (14.2.)$$

Výpočet hustoty kapaliny $\rho_{\text{Mč}}$ [g/cm^3] a ρ_{Dt} [g/cm^3] při teplotě t [$^\circ\text{C}$] pomocí vzorce:

$$\rho_{\text{Mč}} = \frac{m}{m_2} = \frac{m_3 - m_1}{m_2 - m_3} \cdot \rho_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{16,051 - 7,707}{18,282 - 7,707} \cdot 0,997 = 0,786 \text{ g/cm}^3 \quad (14.3.)$$

$$\rho_{\text{Dt}} = \frac{m}{m_2} = \frac{m_3 - m_1}{m_2 - m_3} \cdot \rho_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{16,033 - 7,707}{18,282 - 7,707} \cdot 0,997 = 0,787 \text{ g/cm}^3 \quad (14.4.)$$

Použity roztok methyl červeň měl hustotu $\rho_{M\check{c}} = 0,786 \text{ g/cm}^3$ a roztok dithizon měl hustotu $\rho_{Dt} = 0,787 \text{ g/cm}^3$.

14.2 Příprava polymerních roztoků k elektrostatickému zvlákňování

Pro přípravu nanovláknenných vrstev bylo nutné namíchat 18% roztok polykaprolaktonu (PCL) a 82g rozpouštědla Chl (chloroformu) a Eth (etanolu) v poměru 9:1, tzn. 9 dílů chloroformu a 1 díl etanolu. Molekulová hmotnost PCL je 45 000 g/mol.

Z 82g rozpouštědla bylo v první části odebráno 41g Chl/Eth a doplněno 41g Mč s hmotností 0,7 mg. Druhá část rozpouštědla byla doplněna 41g Dt s hmotností 1,2 mg.

41g Chl/Eth

41g Mč = 49 ml = 0,7 mg

41g Chl/Eth

41g Dt = 49 ml = 1,2 mg

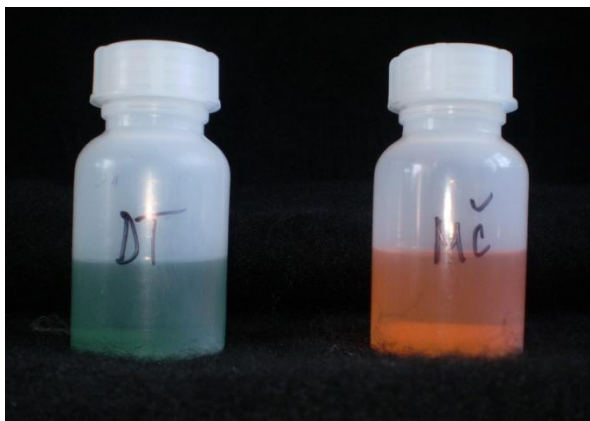
Pro stejný poměr obou sloučenin byla použita poloviční dávka dithizonu hmotnosti 0,6 mg.

20,5g Dt = 25 ml = 0,6 mg

Pro ověření správného množství všech použitých roztoků byla provedena zkouška do 100 g celkového polymerního roztoku.

20,5g Dt + 61,5g Chl/Eth = 82 + 18g PCL = 100 g celkového polymerního roztoku.

Při testování jsme z finančního hlediska zvolili ½ dávkování polymerního roztoku.



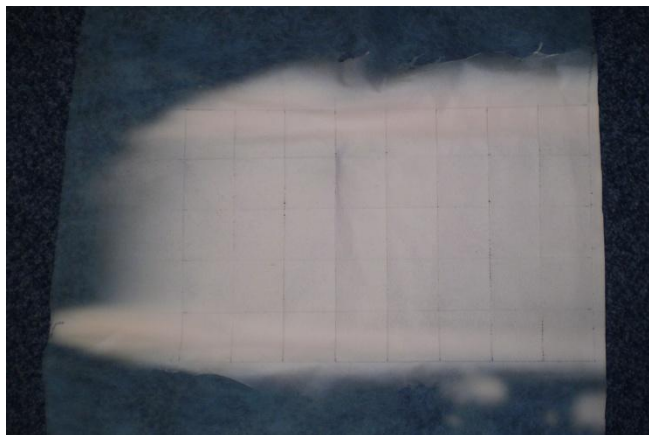
Obr. 29: Polymerní roztoky s použitím chemické látky Dt- dithizon a Mč- methyl červeně k elektrostatickému zvlákňování

Připravené polymerní roztoky viz Obr. 29, byly elektrostaticky zvlákňovány na bez-jehlovém zvlákňovacím zařízení, technologii Nanospider na Katedře netkaných textilií a nanovláknenných materiálů viz Obr. 30.



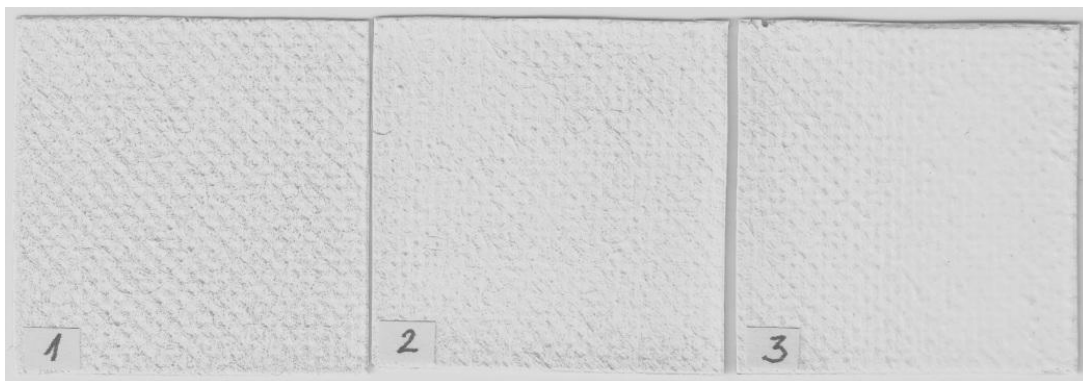
Obr. 30: a) zvlákňovací zařízení pro výrobu nanovláken z volné hladiny polymerního roztoku, b) zvlákňovací elektroda pro výrobu nanovláken bez-jehlovou technologií

Roztoky byly dávkovány do zásobníku polymeru a rotací válcové elektrody byly vynášeny na její povrch. Po sepnutí vysokonapěťového zdroje došlo k vytvoření Taylorových kuželů na povrchu rotujícího válce a nastal proces elektrostatického zvlákňování. Elektroda byla připojena na kladný zdroj VN a byla umístěna v potřebné vzdálenosti pod protielektrodou (tzv. kolektor - od anglického slova collect = sbírat). Tato protielektróda byla uzemněná. Pod kolektorem byla umístěna podkladová textilie typu Spun bond, která sloužila pro zachyt vyrobených nanovláken. Tato podkladová netkaná textilie byla navíjena za pomoci navíjecího zařízení umístěného nad zvlákňovací komorou. Tím byla vytvořena na podkladové netkané textilie rovnoměrná nanovláknenná vrstva v šířce 30cm viz Obr. 31.

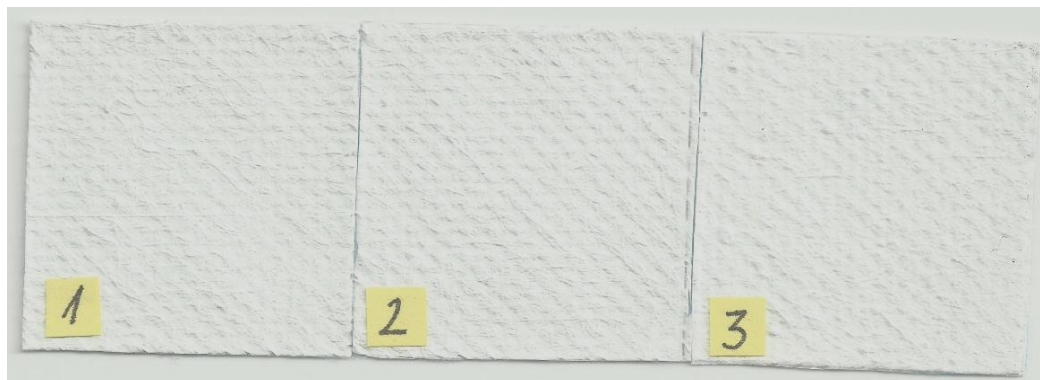


Obr. 31: Výsledná nanovlákná vrstva

Výsledný nanovláknový materiál byl rozdělen čtvercové plochy u methyl červeně 4x4 cm a u dithizonu 3x3 cm. Závislost na změnu zabarvení probíhala obdrženou dávkou 1 kGy, 1,25 kGy, 1,5 kGy pro jednotlivé vzorky. Nanovláknový materiál methyl červeně se zabarvil z bílé do barvy oranžové a nanovláknový materiál s dithizonem se zabarvil z bílé do barvy s nádechem zelené. Vzorky byly rozděleny do třech skupin podle plošné hmotnosti nanovláknové vrstvy viz Obr. 32,33.



Obr. 32: Methyl červeně, vzorky před ozářením



Obr. 33: Dithizon, vzorky před ozářením

14.3 Ozáření vzorků na testovacím radionuklidovém zářiči

Po průzkumu hledání vhodného zářiče s dávkovým příkonem 1 – 10 kGy, bylo zjištěno, že Česká republika nedisponuje s přístrojem takto vysokého záření. Experiment byl proveden ve Státním ústavu jaderné chemické a biologické ochrany (SÚJCHBO) v Kamenné u Příbrami ve spolupráci Mgr. Otáhalem Petrem, kde opět nebyla k dispozici dostatečná dávka záření 1 kGy, potřebná k reakci zvolených vzorků. Testování vzorků bylo prováděno ve spolupráci s RNDr. Lenkou Thinovou na ČVUT v Praze, Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská. Jednotlivé vzorky se ozařovaly na uzavřeném radionuklidovém zářiči (URZ) typu gammacell při dávkovém příkonu 62 Gy/hod viz *Obr. 34*. Délka ozařování pro celkovou absorbovanou dávku 1 kGy trvala 16,1 hod. gama záření, viz *Tabulka 7*. Klimatické podmínky experimentu: vnitřní budova, teplota 25°C.

Tabulka 7: Dávky záření za určitý potřebný čas při daném výkonu přístroje 62 Gy/hod

Dávkový příkon [kGy]	1	1,25	1,5
Čas [hod]	16,1	20,125	24,15



Obr. 34: Testovací radionuklidový zářič ⁶⁰Co, gammacell

Vzorky byly rozděleny do tří skupin podle dávkového příkonu 1 kGy, 1,25 kGy, 1,5 kGy. Podle *Obr. 35,36* je zřejmá viditelnost změny barvy u vzorků s použitím methyl červeně. Již po ozáření 1 kGy se materiál zabarvil do oranžova, při následném

zvyšování dávkového příkonu neproběhla žádná změna. Materiál s dithizonem po ozáření se zabarví do odstínu s nádechem zelené. Po příslušném testování je jasně viditelné, že vzorky více reagují na materiály s použitím methyl červeně. Důvod malé reakce materiálu s dithizonem je zapříčiněn nedostačujícím dávkovým příkonem záření, kde je potřeba mnohonásobné energie, než bylo použito. Sytost barvy materiálu se projevuje podle intenzity plošné hmotnosti nanovláknenného nánosu a v neposlední řadě podle množství použitého barviva viz *Obr. 35*.



Obr. 35: Methyl červeně, vzorky po ozáření



Obr. 36: Dithizon, vzorky po ozáření

Experiment byl proveden za účelem položení základu pro následný rozvoj textilních dozimetřů. Byly použity vysoké dávky záření, které jsou smrtelné. Přes vysoké dávky záření se mohou v dalším zkoumání zvyšovat množství barviva a tím docílit menšího působení záření v daném prostoru a následného aplikování do různého odvětví. Použití ochranného oděvu viz *Obr. 37* s využitím „nanoindikátoru“ bude v budoucnu velkým přínosem. Využití může být zejména v oblasti jaderných elektráren, jakož to i do jiných oblastí ochrany zaměstnanců, kde se vyskytuje záření.



Obr. 37: Vize oděvu s aplikací „nanoindikátoru“ v praktickém využití jaderné elektrárny

15 Závěr

Tato diplomová práce byla zaměřena na hodnocení fyziologického komfortu materiálů používaného k výrobě ochranných oděvů do prostředí s nebezpečím výskytu radioaktivních částic. Část práce byla zaměřena na termofyziologické vlastnosti, jako je prodyšnost, paropropustnost a propustnost tepla dvou materiálů Tyvek a Tychem, které se používají v jaderných elektrárnách Temelín, Dukovany a Jaslovské Bohunice.

Nejdůležitějším faktorem ochranných oděvů je komfort a bezpečnost. V experimentální části bylo prokázáno, že v současné době není možné zhotovit ochranný radiační oděv tak, aby splňoval skvělé nároky na nepropustnost radiačních částic a zároveň poskytoval výborný termofyziologický komfort. Testované vzorky Tyvek a Tychem byly měřeny na vybraných přístrojích Permetest, TexTest FX 3 300 a Alambeta, a následně vyhodnoceny pro paropropustnost, prodyšnost a propustnost tepla. Netkaná textilie Tyvek, s jedinečnými vlastnostmi, poskytuje nositeli dobrý termofyziologický komfort. Je dobře paropropustná a zároveň poskytuje dostatečně tepelnou izolaci. Ochranná textilie Tychem, vyrobená z textilie Tyvek a polymerního povlaku, který poskytuje uživateli mnohonásobně větší ochranu proti radiaci v rizikovém prostředí. Vyznačuje se nulovou paropropustností, a tím pádem neposkytuje nositeli dobré komfortní vlastnosti. Co se týká tepelné izolace, hodnota je jen nepatrně nižší, než u předchozího materiálu.

Součástí experimentu diplomové práce byl dotazník pro zaměstnance již výše uvedených jaderných elektráren. Účelem jeho zhotovení bylo lepší zhodnocení dané problematiky, jako je komfort ochranných oděvů Tyvek, Tychem a zároveň získání objektivních názorů pracovníků, kteří se vyskytují v kontrolovaném pásmu. Na základě subjektivních zkušeností dotazovaných získal nejpoužívanější oblek Tyvek spíše kladná ohodnocení.

V části komfortu ochranných oděvů nastala důležitá otázka, do jaké míry by se daly zlepšovat komfortní vlastnosti, aniž bychom snižovali ochranu proti radiaci v rizikovém prostředí, což je u těchto oděvů prioritou. Z tohoto důvodu se tato diplomová práce začala dále zabývat vývojem kontrolních nanotextilních pásků. Mají umožnit snadné zjištění překročení dávky radiace za daný čas, a tím zároveň zlepšit bezpečnost práce pracovníka v radioaktivním prostředí. Kombinace nanotextilie a přídavkem vhodné chemické látky reagující v přímém kontaktu s radioaktivním zářením, v našem případě

se jedná o látky methyl červeň a dithizon, pracuje na bázi samovolného zabarvení. Na základě provedeného experimentu Radiation effects on some dyes in non-aqueous solvents and in some polymeric films (Radiační účinky barviv v nevodnatých rozpouštědlech v některých polymerních filmech) v Egyptě roku 2000, jehož autorem je M. F. Barakat a kolektiv byly vybrány vhodné chemické látky použité při experimentu [61]. Po testování vzorků na ČVUT v Praze, Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská tedy jasně vyplynulo, že vzorky s látkou methyl červeň, jsou mnohem citlivější na radioaktivní záření. Sytost zabarvení je ovlivněna plošnou hmotností polymerního nánosu a v neposlední řadě množstvím použitého barviva. Reakce materiálu methyl červeň po ozáření se projevila zabarvením do odstínu oranžové a dithizonu do odstínu s nádechem zelenkavé.

Touto částí práce byla snaha položit základ pro následný vývoj textilních dozimetrů. Jak bylo výše uvedeno, tento experiment disponoval s obrovskými dávkami záření, které jsou smrtelné. Na základě podložených skutečností by bylo možné dále ve vývoji nanotextilních dozimetrů pokračovat a docílit tak snížení radioaktivního záření upravením poměru množství indikátoru. Použití ochranného oděvu s využitím „nanoindikátoru“ by byl v budoucnu velkým přínosem do jaderné elektrárny, jakož to i do jiných oblastí, jako je zdravotnictví, armáda, chemické laboratoře, kde se vyskytuje záření.

Použitá literatura

- [1] RADIOAKTIVITA. [online]. 2012 [cit. 2012-01-07]. Dostupné z: <http://www.gvi.cz/files/chemie/radioaktivita.pdf>
- [2] Radiační ochrana. *Biologické účinky ionizujícího záření* [online]. 2012 [cit. 2012-01-17]. Dostupné z: <http://astronuklfyzika.cz/RadiacniOchrana.htm>
- [3] RADIAČNÍ OCHRANA PŘI PRÁCI SE ZDROJI IONIZUJÍCÍHO ZÁŘENÍ V NUKLEÁRNÍ MEDICINĚ: Syllabus otázek a odpovědí ze seminářů o radiační ochraně na Klinice nukleární medicíny FNŠP v Ostravě. [online]. 2012 [cit. 2012-01-17]. Dostupné z: <http://astronuklfyzika.cz/RadOchrana.htm>
- [4] PŘEHLED TRHU. *OCHRANNÉ ODĚVY* [online]. 2008 [cit. 2012-01-19]. Dostupné z: <http://www.bozpinfo.cz/priloha/pt-odevy-4-08>
- [5] Technor. *Bezpečnostní tabulky a normy ČSN* [online]. 1999 [cit. 2012-01-19]. Dostupné z: http://www.technicke-normy-csn.cz/832832-csn-en-1073-1_4_54022.html
- [6] 3M Česko s.r.o. *Technologie* [online]. 2012 [cit. 2012-01-19]. Dostupné z: http://solutions.3mcesko.cz/wps/portal/3M/cs_CZ/about2/Our-Company
- [7] DuPont Personal Protection (Europe). *Pracovní oděvy* [online]. 2012 [cit. 2012-01-19]. Dostupné z: <http://www.dpp-europe.com/?lang=cz>
- [8] Norma ČSN EN 1073 (832832), katalog.č. 54022, vydaná 1. 2. 1999, s účinností od 1. 3. 1999, Český normalizační institut, Praha 1998, 16 stran
- [9] Encyklopedie fyziky. *Radioaktivita* [online]. 2006 [cit. 2012-01-20]. Dostupné z: <http://fyzika.jreichl.com/main.article/view/802-radioaktivita>
- [10] Hes L., Sluka P.: Úvod do komfortu textilií, skripta Technická univerzita v Liberci Katedra hodnocení textilií, Liberec 2005, ISBN 80-7083-926-0

- [11] Propustnost vzduchu. FLÉGLOVÁ, Zuzana. *Prodyšnost I* [online]. 2008 [cit. 2012-01-23]. Dostupné z: <http://www.kod.tul.cz/predmety/OM/cvi%C4%8Den%C3%AD/PRODYSNOST1.pdf>
- [12] C-Therm Technologies. [online]. 2012 [cit. 2012-01-23]. Dostupné z: <http://www.ctherm.com/>
- [13] Norma ČSN EN ISO 9237 (80 0817), katalog. č. 20590, vydaná 1. 11. 1996, s účinností od 1. 12. 1996, Český normalizační institut, Praha 1996, 12 stran
- [14] Lakeland. *Protective clothing* [online]. 2005 [cit. 2012-01-24]. Dostupné z: <http://www.lakeland.com/index.shtml>
- [15] KIMBERLY-CLARK PROFESSIONAL*. *Ochranné prostředky* [online]. 2001 [cit. 2012-01-24]. Dostupné z: <http://www.kcprofessional.cz/>
- [16] Kangen Vater. *Antioxidace* [online]. 2012 [cit. 2012-01-24]. Dostupné z: <http://www.vodakangen.cz/ANTIOXIDACE.html>
- [17] Bozp [online]. 2010 [cit. 2011-01-24]. Bezpečnost a ochrana zdraví při práci. Dostupné z WWW: <<http://bozp-po.biz/bozp.html>>
- [18] Vúbp [online]. 20010 [cit. 2011-02-21]. >Nařízení vlády č. 21/2003. Dostupné z WWW: <<http://www.vubp.cz/index.php/ke-stazeni/161-narizeni-vlady-21-2003>>
- [19] Česká Republika. Nařízení vlády č. 495/2001
- [20] Sborník II. Sborník ze symposia: Ochranné oděvy II. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2002. 73 s.
- [21] OOPP- Předpisy Temelín
- [22] ČSN EN 530. *Odolnost materiálu ochranných oděvů proti oděru - Metody zkoušení*. 2. vyd. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2011

- [23] ČSN EN ISO 13934-1. *Textilie - Tahové vlastnosti plošných textilií - Část 1: Zjišťování maximální síly a tažnosti při maximální síle pomocí metody Strip*. 2. vyd. Brno: Textilní zkušební ústav, 1998
- [24] ČSN EN ISO 13938-2. *Textilie - Vlastnosti plošných textilií při protlaku – Část 2: Pneumatická metoda pro zjišťování pevnosti v protržení a roztažení při protržení*. 1. vyd. Praha: Český normalizační institut, 2000
- [25] ČSN EN 863. *Ochranné oděvy - Mechanické vlastnosti - Zkušební metoda: Odolnost proti propíchnutí*. 2. vyd. Praha: Výzkumný ústav bezpečnosti práce, 1997
- [26] ČSN EN 25978. *Tkaniny povrstvené pryží nebo plasty: Stanovení lepivosti*. 2. vyd. Praha: Český normalizační institut, 1995
- [27] ČSN EN 29073-3. *Textilie: Zkušební metody pro netkané textilie Část 3: Zjišťování pevnosti v tahu a tažnosti*. 1. vyd. Brno: Textilní zkušební ústav, 1995
- [28] ČSN EN 1146. *Ochranné prostředky dýchacích orgánů - Autonomní dýchací přístroje s otevřeným okruhem a tlakovým vzduchem s únikovou kuklou - Požadavky, zkoušení a značení*. 2. vyd. Praha: Český normalizační institut, 2006
- [29] ČSN EN ISO 9073-4. *Textilie - Zkušební metody pro netkané textilie - Část 4: Zjišťování pevnosti v dalším trhání*. 2. vyd. Praha: Český normalizační institut, 1998
- [30] Dominikuv blok. DOMINIK POLÁK. *Informační kanál* [online]. 1. vyd. Vібava, 21. 10. 2007 [cit. 2012-02-25]. Dostupné z: <http://hasickyraj.blog.cz/0710/soo-co>
- [31] Writing away with Blog.com. *PVC Industry Development Prospects* [online]. 29. 8. 2011 [cit. 2012-02-25]. Dostupné z: <http://chinapvcpanel.blog.com/the-pvc-pressure-suit/>
- [32] Nuclear-news.info Online reference magazine on nuclear and uranium issues. *Marie Curie – radiation researcher and victim* [online]. 27. 3. 2010 [cit. 2012-02-25]. Dostupné z: <http://nuclear-news.info/category/history/>

- [33] Mail Online. *Britain's nuclear inferno: How our own Government covered up Windscale reactor blaze that's caused dozens of deaths and hundreds of cancer cases* [online]. 19. 3. 2011 [cit. 2012-02-25]. Dostupné z: <http://www.dailymail.co.uk/news/article-1367776/UK-Government-covered-nuclear-reactor-blaze-caused-death-cancer.html>
- [34] Physorg.com. *Japan firm unveils robot suit for nuclear workers* [online]. 7. 11. 2011 [cit. 2012-02-25]. Dostupné z: <http://www.physorg.com/news/2011-11-japan-firm-unveils-robot-nuclear.html>
- [35] Kuramoto sangyo co. *ALF RI Suit* [online]. 2003 [cit. 2012-02-25]. Dostupné z: http://www.7tak.co.jp/z_alf_ri.htm
- [36] ČSN EN ISO 13937-1. *Textilie - Vlastnosti plošných textilií při dotržení - Část 1: Zjišťování síly při dotržení pomocí balistického kyvadla (Elmendorf)*. 1. vyd. Praha: Český normalizační institut, 2001
- [37] ČSN EN ISO 13938-2. *Textilie - Vlastnosti plošných textilií při protlaku - Část 2: Pneumatická metoda pro zjišťování pevnosti v protržení a roztažení při protržení*. 2. vyd. Praha: Český normalizační institut, 2000
- [38] ČSN EN ISO 13935-1. *Textilie - Tahové vlastnosti švů plošných textilií a konfekčních výrobků - Část 1: Zjišťování maximální síly do přetrhu švu metodou Strip*. 1. vyd. Praha: Český normalizační institut, 1999
- [39] Radiation Shield Technologies. DANIEL PURT. *Demron showcased at NATO conference* [online]. 15. 10. 2010 [cit. 2012-03-08]. Dostupné z: <http://www.radshield.com/press/articles-101510.asp>
- [40] Technická univerzita v Liberci [online]. [cit. 5. 3. 2012]. URL: http://www.ft.vslib.cz/depart/ktm/files/20080514/ZKB_prednaska_7.pdf
- [41] HES, L. *Úvod do komfortu textilií*. Liberec, 2005. ISBN 80-7083-926-0. Dostupné z: Skripta. Technická univerzita. Vedoucí práce Sluka P.

- [42] Tepelná vodivost. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001, 26. 1. 2012 [cit. 2012-04-13]. Dostupné z: http://cs.wikipedia.org/wiki/Tepeln%C3%A1_vodivost
- [43] Oficiální stránky firmy Alpisport. [online]. [cit. 2012-03-19]. Dostupné z: <http://www.alpisport.cz/>
- [44] C-THERM TECHNOLOGIES Ltd: Thermal Conductivity Analyzer. [online]. Canada, 2012 [cit. 2012-03-19]. Dostupné z: <http://www.ctherm.com>
- [45] Air Permeability of Woven Fabrics. 2006, s. 1. Dostupné z: http://www.tx.ncsu.edu/jtatm/volume5issue2/articles/OGULATA/Ogulata_First_199-06.pdf
- [46] ČSN EN 31092. *Textilie - Zjišťování fyziologických vlastností: Měření tepelné odolnosti a odolnosti vůči vodním parám za stálých podmínek*. 2. vyd. Praha: Český normalizační institut, 1996
- [47] ČSN EN ISO 9237. *Textilie - Zjišťování prodyšnosti plošných textilií*. 2. vyd. Praha: Český normalizační institut, 1996
- [48] IN č. 23-304-02/01. *Měření tepelných vlastností na přístroji Alambeta*. 1. vyd. Liberec: Výzkumné centrum, 7.12.2004. Dostupné z: https://docs.google.com/gview?url=http://centrum.tul.cz/centrum/centrum/5Narmy/IN+23-304-02_01.pdf&chrome=true
- [49] Textest instruments. VOGT, H. *Air Permeability Tester FX 3300 LabAir IV* [online]. 12.4.2012 [cit. 2012-04-16]. Dostupné z: http://www.textest.ch/pages_en/3300-IV_en.htm
- [50] Nafigate nanofibers gateway. *About Nanofibers: Nanofibers - Revolutionary Material for the 3rd Millennium* [online]. 2012 [cit. 2012-04-02]. Dostupné z: <http://www.nafigate.com/en/app/portal-article/detail/69818-about-nanofibers>
- [51] Nanovláknno. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikipedia Foundation, 2001-, 17. 2. 2012 [cit. 2012-04-02]. Dostupné z: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Nanovl%C3%A1knno>

- [52] Nanovláknenné netkané textilie. *Nanofiber nonwovens* [online]. 2002 [cit. 2012-04-08]. Dostupné z: <http://translate.google.cz/translate?hl=cs&sl=en&tl=cs&u=http%3A%2F%2Fwww.engr.utk.edu%2Fmse%2FTextiles%2FNanofiber%2520Nonwovens.htm>
- [53] Nanostruktura: Věda a technika. *Nanovláknna* [online]. 14. 4. 2011 [cit. 2012-04-08]. Dostupné z: <http://nanostruktura.cz/nanovlakna/>
- [54] WikiSkripta. *Nanotechnologie v medicíně/Medicínské aplikace nanovláken* [online]. 16.11. 2009, 2009 [cit. 2012-04-08]. Dostupné z: http://www.wikiskripta.eu/index.php/Nanotechnologie_v_medice%C3%ADn%C4%9B/Medic%C3%ADnsk%C3%A9_aplikace_nanovl%C3%A1ken
- [55] ŠRÁMEK, Jaromír. *Nanotechnologie v medicíně* [online]. Brno, 2009 [cit. 2012-04-08]. Dostupné z: <http://www.med.muni.cz/biofyz/doc/NMgr/nanotech.pdf>. Masarykova univerzita, Lékařská fakulta
- [56] Krajská hygienická stanice. *Nanotechnologie a nanomateriály* [online]. 18. března 2009 [cit. 2012-04-08]. Dostupné z: http://www.khsova.cz/01_aktuality/nanotechnologie.php?datum=2009-03-18
- [57] Nanocon 2009. SODOMKA, Lubomír. *SIMPLE THEORETICAL CONSIDERATIONS TO NANOFIBER SPINNING* [online]. 22. 10. 2009 [cit. 2012-04-12]. Dostupné z: http://www.nanocon.cz/files/proceedings/nanocon_09/Lists/Papers/115.pdf
- [58] Astro Nukl Fyzika. ULLMANN, Vojtěch. *Detekce a spektrometrie ionizujícího záření: Fotografická detekce ionizujícího záření a materiálové detektory* [online]. 4. února 2012 [cit. 2012-04-13]. Dostupné z: <http://astronuklfyzika.cz/DetekceSpektrometrie.htm>
- [59] Pokroky matematiky, fyziky a astronomie. *Význam objevů Petra a Marie Curieových* [online]. 13. 12. 2010 [cit. 2012-04-13]. Dostupné z: http://dml.cz/bitstream/handle/10338.dmlcz/137357/PokrokyMFA_01-1956-5_27.pdf

- [60] Luminiscence. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 11. 1. 2012 [cit. 2012-04-13]. Dostupné z: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Luminiscence>
- [61] BARAKAT, M.F, K EL-SALAMAWY, M EL-BANNA, M ABDEL-HAMID a A ABDEL-REHIM TAHA. Radiation effects on some dyes in non-aqueous solvents and in some polymeric films. *Radiation Physics and Chemistry* [online]. 2001, roč. 61, č. 2, s. 129-136 [cit. 2012-05-06]. ISSN 0969806x. DOI: 10.1016/S0969-806X(01)00181-5. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0969806X01001815>

Seznam obrázků

Obr. 1: Volné radikály v lidském těle [16]	14
Obr. 2: Oblek používán na ochranu před radioaktivním prachem a částicím [31]	16
Obr. 3: Jaderní hasiči v ochranných oděvech [33]	17
Obr. 4: Speciální ochranný oděv SOO-COO [30]	17
Obr. 5: Ochranný oděv OPCH - 90 PO [35]	18
Obr. 6: Speciální ochranný oděv proti radioaktivní kontaminace alfa a beta záření [35]	18
Obr. 7: Oblek robota Hal s anti- radiační vestou [34]	19
Obr. 8: Ochranný oděv z textilie Demron [39]	25
Obr. 9: Deformační křivka [40]	33
Obr. 10: Ikona označující ochranný oděv proti kontaminaci radioaktivními částicemi [7, 8]	38
Obr. 11: Modely a) 4520, b) 4540 a c) 4560 [6]	39
Obr. 12: Ochranný oděv Tyvek® Dual [7]	40
Obr. 13: a) Tyvek® Classic Plus s ponožkami, b) kompletně oblečený pracovník [7] ..	41
Obr. 14: Složení materiálu Tyvek®, a) vrstvení, b) pohled pod mikroskopem [7]	42
Obr. 15: Schéma výměny vzduchu a páry [7]	43
Obr. 16: Model Tychem® C2 [7]	44
Obr. 17: Model MicroMAX NS od firmy Lakeland Industries, Inc. [14]	45
Obr. 18: Model KLEENGUARD® A40 od firmy Kimberly-Clark Professional* [15] ...	46
Obr. 19: Princip elektrostatické přípravy vrstev nanovláken [57]	52
Obr. 20: Schéma přístroje PERMETEST [43]	55
Obr. 21: Přístroj FX 3300 [49]	57
Obr. 22: Alambeta	58
Obr. 23: Obrazová analýza vláken materiálu TYVEK, Elektronový mikroskop NIS ELEMENTS	60
Obr. 24: Snímek průřezu materiálu TYVEK, Skenovací elektronový mikroskop	60
Obr. 25: Povrstvení materiálu TYCHEM	61
Obr. 26: Obrazová analýza vláken materiálu TYCHEM, Elektronový mikroskop NIS ELEMENTS	62
Obr. 27: Snímek průřezu materiálu TYCHEM, Skenovací elektronový mikroskop	62
Obr. 28: Chemické roztoky: Mě - Methyl červeň a Dt - Dithizon	76
Obr. 29: Polymerní roztoky s použitím chemické látky Dt- dithizon a Mě- methyl červeň k elektrostatickému zvlákňování	79
Obr. 30: a) zvlákňovací zařízení pro výrobu nanovláken z volné hladiny polymerního roztoku, b) zvlákňovací elektroda pro výrobu nanovláken bez-jehlovou technologií	79
Obr. 31: Výsledná nanovláknenná vrstva	80
Obr. 32: Methyl červeň, vzorky před ozáření	80
Obr. 33: Dithizon, vzorky před ozáření	80
Obr. 34: Testovací radionuklidový zářič 60 Co, gammacell	81
Obr. 35: Methyl červeň, vzorky po ozáření	82
Obr. 36: Dithizon, vzorky po ozáření	82
Obr. 37: Vize oděvu s aplikací „nanoindikátoru“ v praktickém využití jaderné elektrárny	83

Seznam grafů

Graf 1: Naměřené hodnoty průměru vláken TYVEK.....	60
Graf 2: Naměřené hodnoty průměru vláken TYCHEM	62
Graf 3: Výparný odpor - porovnání materiálu TYCHEM a TYVEK.....	64
Graf 4: Pohodlnost daného oděvu při oblékání a svlékání	69
Graf 5: Komfort ochranného oděvu z hlediska tepelně-izolačních vlastností	70
Graf 6: Pohyblivost při práci v daném ochranném oděvu	70
Graf 7: Prodyšnost ochranného oděvu TYVEK	71
Graf 8: Pohodlnost ochranného oděvu TYVEK	71
Graf 9: Hodnocení senzorických vlastností daného oděvu.....	72
Graf 10: Bezpečnost pracovníků v ochranném oděvu v případě havárie	73
Graf 11: Hodnocení pracovních rukavic	73
Graf 12: Hodnocení ochranné masky	74

Seznam tabulek

Tabulka 1: Srovnání kombinéz Tyvek®, kategorie III	43
Tabulka 2: Vypočtené hodnoty materiálu TYVEK a TYCHEM	64
Tabulka 3: Vypočtené hodnoty prodyšnosti materiálu TYVEK a TYCHEM.....	65
Tabulka 4: Vypočtené hodnoty tepelně izolačních vlastností materiálů TYVEK.....	66
Tabulka 5: Vypočtené hodnoty tepelně izolačních vlastností materiálů TYCHEM	66
Tabulka 6: Naměřené hodnoty potřebné pro pyknometrickou metodu	77
Tabulka 7: Dávky záření za určitý potřebný čas při daném výkonu přístroje 62 Gy/hod	81

Přílohy

Naměřené hodnoty materiálu TYVEK a TYCHEM na přístroji PERMETEST

	Tyvek		Tychem	
	Paropropustnost [%]	Výparný odpor [Pa.m ² W ⁻¹]	Paropropustnost [%]	Výparný odpor [Pa.m ² W ⁻¹]
1	41,7	7,9	4,0	135,9
2	33,0	11,5	3,2	170,2
3	36,2	9,9	3,4	161,6
4	35,8	10,0	3,2	176,8
5	39,1	8,7	3,5	173,5
6	36,2	9,9	3,3	169,8
7	38,2	9,1	3,2	174,7
8	39,3	8,7	3,2	174,9
9	34,5	10,7	3,4	165,5
10	37,9	9,3	3,2	175,9
\bar{x}	37,19	9,57	3,36	168,88
v [%]	6,9	1,1	3,1	0,73
s	2,6	1,05	0,25	12,24
95% IS	<35,37;39,01>	<8,82;10,32>	<3,18;3,54>	<160,13;177,63>

**Naměřené hodnoty prodyšnosti materiálu TYVEK a TYCHEM na přístroji
TEXTTEST FX 3300**

	Tyvek [mm/s]	Tychem [m/s]
1	2,10	<i>Větruodolný</i>
2	1,90	
3	1,35	
4	1,74	
5	2,29	
6	1,83	
7	1,41	
8	1,94	
9	2,29	
10	2,85	
\bar{x}	1,97	
v [%]	22,5	
95% IS [mm/s]	<1,65;2,29>	

Naměřené hodnoty tepelně izolačních vlastností materiálů TYVEK na přístroji ALAMBETA

TYVEK			
Měření	h - tloušťka [mm]	λ - tepelná vodivost [W/(m . K)]	R_{et} - tepelný odpor [K . m²/W]
1	0,12	0,034	3,6
2	0,09	0,025	3,6
3	0,09	0,025	3,8
4	0,12	0,0332	3,6
5	0,12	0,0337	3,6
6	0,14	0,0359	3,9
7	0,08	0,0224	3,9
8	0,09	0,0279	3,4
9	0,09	0,024	3,9
10	0,09	0,0256	3,7
11	0,09	0,0266	3,5
12	0,1	0,0288	3,5
13	0,12	0,0301	4
14	0,1	0,0291	3,5
15	0,09	0,0272	3,5
16	0,12	0,0286	4,2
17	0,11	0,0275	4,2
18	0,11	0,0307	3,5
19	0,11	0,0328	3,3
20	0,12	0,0357	3,4
\bar{x}	0,105	0,029	3,68
v [%]	15,3	25,7	7,1
95% IS	<0,093;0,117>	<0,026;0,032>	<3,494;3,866>

Naměřené hodnoty tepelně izolačních vlastností materiálů TYCHEM na přístroji ALAMBETA

TYCHEM			
Měření	h - tloušťka [mm]	λ - tepelná vodivost [W/(m . K)]	R_{et} - tepelný odpor [K . m²/W]
1	0,12	0,0322	3,8
2	0,12	0,0349	3,5
3	0,16	0,0426	3,8
4	0,16	0,0437	3,7
5	0,13	0,04	3,2
6	0,17	0,0428	4,1
7	0,12	0,0382	3,2
8	0,13	0,0367	3,5
9	0,12	0,0346	3,5
10	0,16	0,0432	3,7
11	0,12	0,0395	3,1
12	0,15	0,038	3,9
13	0,13	0,038	3,5
14	0,12	0,0342	3,5
15	0,15	0,044	3,4
16	0,2	0,0437	4,6
17	0,15	0,0403	3,7
18	0,15	0,0429	3,5
19	0,14	0,04	3,5
20	0,17	0,0476	3,7
\bar{x}	0,144	0,039	3,62
v [%]	15,6	10,1	9,3
95% IS	<0,128;0,16>	<0,036;0,042>	<3,381;3,859>

**Naměřené hodnoty průměru vláken materiálu TYVEK, obrazová analýza NIS
ELEMENTS**

Položka	Zdrojový obraz	Délka
1.	TYVEK sedy0014.jpg	4,36
2.	TYVEK sedy0014.jpg	3,81
3.	TYVEK sedy0014.jpg	6,98
4.	TYVEK sedy0014.jpg	4,86
5.	TYVEK sedy0014.jpg	6,14
6.	TYVEK sedy0014.jpg	5,64
7.	TYVEK sedy0014.jpg	5,47
8.	TYVEK sedy0014.jpg	3,63
9.	TYVEK sedy0014.jpg	4,4
10.	TYVEK sedy0014.jpg	6,31
11.	TYVEK sedy0014.jpg	4,05
12.	TYVEK sedy0014.jpg	5,48
13.	TYVEK sedy0014.jpg	4,79
14.	TYVEK sedy0014.jpg	3,57
15.	TYVEK sedy0014.jpg	4,24
16.	TYVEK sedy0014.jpg	3,57
17.	TYVEK sedy0014.jpg	3,96
18.	TYVEK sedy0014.jpg	5,28
19.	TYVEK sedy0014.jpg	4,26
20.	TYVEK sedy0014.jpg	5,68
21.	TYVEK sedy0014.jpg	4,61
22.	TYVEK sedy0014.jpg	5,36
23.	TYVEK sedy0014.jpg	2,87
24.	TYVEK sedy0014.jpg	3,18
25.	TYVEK sedy0014.jpg	3,96
26.	TYVEK sedy0014.jpg	5,68
27.	TYVEK sedy0014.jpg	4,73
28.	TYVEK sedy0014.jpg	5,48
29.	TYVEK sedy0014.jpg	6
30.	TYVEK sedy0014.jpg	3,15
31.	TYVEK sedy0014.jpg	3,96
32.	TYVEK sedy0014.jpg	6,89
33.	TYVEK sedy0014.jpg	6,01
34.	TYVEK sedy0014.jpg	4,24
35.	TYVEK sedy0014.jpg	5,36
36.	TYVEK sedy0014.jpg	4,49
37.	TYVEK sedy0014.jpg	4,26
38.	TYVEK sedy0014.jpg	4,35
39.	TYVEK sedy0014.jpg	3,94
40.	TYVEK sedy0014.jpg	5,91
41.	TYVEK sedy0014.jpg	3,88
42.	TYVEK sedy0014.jpg	4,4
43.	TYVEK sedy0014.jpg	6,41
44.	TYVEK sedy0014.jpg	2,84
45.	TYVEK sedy0014.jpg	2,84

Ochranné profesní oděvy do prostředí s nebezpečím výskytu radioaktivity

46.	TYVEK sedy0014.jpg	4,81
47.	TYVEK sedy0014.jpg	5,47
48.	TYVEK sedy0014.jpg	4,74
49.	TYVEK sedy0014.jpg	3,39
50.	TYVEK sedy0014.jpg	6,23

Průměr [μm]	Směrodat. odchylka	Minimum	Maximum
4,72	1,07	2,84	6,98

Třída	Počet	Počet [%]	Kumulativní	Kumulativně [%]
2,5-3,0	3	6	3	6
3,0-3,5	3	6	6	12
3,5-4,0	9	18	15	30
4,0-4,5	10	20	25	50
4,5-5,0	6	12	31	62
5,0-5,5	7	14	38	76
5,5-6,0	5	10	43	86
6,0-6,5	5	10	48	96
6,5-7,0	2	4	50	100

**Naměřené hodnoty průměru vláken materiálu TYCHEM, obrazová analýza NIS
ELEMENTS**

Položka	Zdrojový obraz	Délka
1.	TYCHEM zluty0011.jpg	4,65
2.	TYCHEM zluty0011.jpg	3,78
3.	TYCHEM zluty0011.jpg	5,22
4.	TYCHEM zluty0011.jpg	4,36
5.	TYCHEM zluty0011.jpg	4,23
6.	TYCHEM zluty0011.jpg	5,92
7.	TYCHEM zluty0011.jpg	7,02
8.	TYCHEM zluty0011.jpg	4,28
9.	TYCHEM zluty0011.jpg	3,44
10.	TYCHEM zluty0011.jpg	6,56
11.	TYCHEM zluty0011.jpg	5,28
12.	TYCHEM zluty0011.jpg	5,69
13.	TYCHEM zluty0011.jpg	4,73
14.	TYCHEM zluty0011.jpg	4,36
15.	TYCHEM zluty0011.jpg	5,39
16.	TYCHEM zluty0011.jpg	6,43
17.	TYCHEM zluty0011.jpg	6,22
18.	TYCHEM zluty0011.jpg	2,99
19.	TYCHEM zluty0011.jpg	5,53
20.	TYCHEM zluty0011.jpg	2,41
21.	TYCHEM zluty0011.jpg	6,34
22.	TYCHEM zluty0011.jpg	5,02
23.	TYCHEM zluty0011.jpg	4,48
24.	TYCHEM zluty0011.jpg	5,02
25.	TYCHEM zluty0011.jpg	4,06
26.	TYCHEM zluty0011.jpg	3,9
27.	TYCHEM zluty0011.jpg	2,83
28.	TYCHEM zluty0011.jpg	4,13
29.	TYCHEM zluty0011.jpg	4,57
30.	TYCHEM zluty0011.jpg	3,88
31.	TYCHEM zluty0011.jpg	3,63
32.	TYCHEM zluty0011.jpg	5,36
33.	TYCHEM zluty0011.jpg	5,73
34.	TYCHEM zluty0011.jpg	3,36
35.	TYCHEM zluty0011.jpg	3,36
36.	TYCHEM zluty0011.jpg	5,04
37.	TYCHEM zluty0011.jpg	3,39
38.	TYCHEM zluty0011.jpg	3,88
39.	TYCHEM zluty0011.jpg	2,12
40.	TYCHEM zluty0011.jpg	3,17
41.	TYCHEM zluty0011.jpg	2,78
42.	TYCHEM zluty0011.jpg	3,88
43.	TYCHEM zluty0011.jpg	2,01
44.	TYCHEM zluty0011.jpg	2,3
45.	TYCHEM zluty0011.jpg	3,52

Ochranné profesní oděvy do prostředí s nebezpečím výskytu radioaktivity

46.	TYCHEM zluty0011.jpg	4,02
47.	TYCHEM zluty0011.jpg	3,57
48.	TYCHEM zluty0011.jpg	4,49
49.	TYCHEM zluty0011.jpg	3,72
50.	TYCHEM zluty0011.jpg	3,94

Průměr [μm]	Směrodat. odchylka	Minimum	Maximum
4,32	1,19	2,01	7,02

Třída	Počet	Počet [%]	Kumulativní	Kumulativně [%]
2,0-2,5	4	8	4	8
2,5-3,0	3	6	7	14
3,0-3,5	5	10	12	24
3,5-4,0	10	20	22	44
4,0-4,5	9	18	31	62
4,5-5,0	3	6	34	68
5,0-5,5	7	14	41	82
5,5-6,0	4	8	45	90
6,0-6,5	3	6	48	96
6,5-7,0	1	2	49	98
7,0-7,5	1	2	50	100

Dotazník

Dobrý den, jmenuji se Dominik Samuel Bagin a jsem studentem textilní fakulty Technické univerzity v Liberci. V rámci své diplomové práce se zabývám ochrannými oděvy do prostředí s nebezpečným výskytem radioaktivity. Tímto bych se na Vás chtěl obrátit, abyste mi svým názorem a pohledem pomohl/a. Vyplnění tohoto dotazníku je anonymní a zabere Vám jen několik minut. Všechny údaje budou použity pouze pro účely mé diplomové práce. Za Váš čas, spolupráci a ochotu Vám předem děkuji.

Pohlaví (*zakroužkujte*): MUŽ ŽENA
Věková kategorie:

25 - 35 let	36 - 45 let	46 - 55 let	56 let a více

Pracovní pozice:

- 1) Jaký typ ochranného oděvu používáte? (*vyberte pouze jednu z uvedených možností*)
☐ Tyvek ☐ Tychem ☐ jiný (uvést jaký).....
- 2) Jste všeobecně spokojeni s tímto typem ochranného oděvu? (*vyberte pouze jednu z uvedených možností*)
☐ zcela spokojen ☐ spíše spokojen ☐ spíše nespokojen ☐ zcela nespokojen
- 3) Jak hodnotíte pohodlnost daného oděvu při oblékání? (*vyberte pouze jednu z uvedených možností*) Co Vám nejvíce překáží? (*uved'te na prázdný řádek*)
☐ zcela pohodlný ☐ spíše pohodlný ☐ spíše nepohodlný ☐ zcela nepohodlný
.....
- 4) Jak hodnotíte pohodlnost daného oděvu při svlékání? (*vyberte pouze jednu z uvedených možností*) Co Vám nejvíce překáží? (*uved'te na prázdný řádek*)
☐ zcela pohodlný ☐ spíše pohodlný ☐ spíše nepohodlný ☐ zcela nepohodlný
.....
- 5) Jak se cítíte v tomto ochranném oděvu z hlediska tepelně-izolačních vlastností? (*vyberte pouze jednu z uvedených možností*)
 - oděv mne chladí ☐ velmi chladí ☐ spíše chladí
 - oděv mne hřeje ☐ velmi hřeje ☐ spíše hřeje
 - ☐ udržuje optimální teplotu
- 6) Jak se cítíte v tomto ochranném oděvu z hlediska pohyblivosti při práci? (*vyberte pouze jednu z uvedených možností*)
☐ zcela pohyblivý ☐ spíše pohyblivý ☐ spíše nepohyblivý ☐ zcela nepohyblivý
- 7) Je tento oděv prodyšný (průchod částic z venku do vnitřku)? (*vyberte pouze jednu z uvedených možností*)
☐ zcela prodyšný ☐ spíše prodyšný ☐ spíše neprodyšný ☐ zcela neprodyšný

Ochranné profesní oděvy do prostředí s nebezpečím výskytu radioaktivity

- 8) Jak hodnotíte pohodlnost daného oděvu z hlediska osobního komfortu? (*vyberte pouze jednu z uvedených možností*)
☐ cítím se ☐ příjemně, nepotím se ☐ velmi nepříjemně, výrazně se potím
- 9) Jak hodnotíte následující senzorické vlastnosti u tohoto obleku? Ohodnoťte na stupnici od 1 do 5, kde 1 znamená velmi spokojen
omak ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5
škrábání ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5
lepení ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5
- 10) Myslíte si, že v případě havárie je pro Vás tento oblek bezpečný? (*vyberte pouze jednu z uvedených možností*)
☐ zcela ano ☐ spíše ano ☐ spíše ne ☐ zcela ne
- 11) Do jaké míry Vám vyhovují používané rukavice z hlediska:
- | | | | |
|------------|--|---|---|
| manipulace | <input type="checkbox"/> zcela vyhovují
<input type="checkbox"/> zcela nevyhovují | <input type="checkbox"/> spíše vyhovují | <input type="checkbox"/> spíše nevyhovují |
| komfortu | <input type="checkbox"/> zcela vyhovují
<input type="checkbox"/> zcela nevyhovují | <input type="checkbox"/> spíše vyhovují | <input type="checkbox"/> spíše nevyhovují |
| oblékání | <input type="checkbox"/> zcela vyhovují
<input type="checkbox"/> zcela nevyhovují | <input type="checkbox"/> spíše vyhovují | <input type="checkbox"/> spíše nevyhovují |
| svlékání | <input type="checkbox"/> zcela vyhovují
<input type="checkbox"/> zcela nevyhovují | <input type="checkbox"/> spíše vyhovují | <input type="checkbox"/> spíše nevyhovují |
- 12) Do jaké míry Vám vyhovuje ochranná maska z hlediska:
- | | | | |
|------------|--|---|---|
| manipulace | <input type="checkbox"/> zcela vyhovuje
<input type="checkbox"/> zcela nevyhovuje | <input type="checkbox"/> spíše vyhovuje | <input type="checkbox"/> spíše nevyhovuje |
| komfortu | <input type="checkbox"/> zcela vyhovuje
<input type="checkbox"/> zcela nevyhovuje | <input type="checkbox"/> spíše vyhovuje | <input type="checkbox"/> spíše nevyhovuje |
| nasazování | <input type="checkbox"/> zcela vyhovuje
<input type="checkbox"/> zcela nevyhovuje | <input type="checkbox"/> spíše vyhovuje | <input type="checkbox"/> spíše nevyhovuje |
| sundávání | <input type="checkbox"/> zcela vyhovuje
<input type="checkbox"/> zcela nevyhovuje | <input type="checkbox"/> spíše vyhovuje | <input type="checkbox"/> spíše nevyhovuje |